

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROBIOLOGIA**

**FENOLOGIA E BIOLOGIA FLORAL DE TRÊS
ESPÉCIES SIMPÁTRICAS DE *PSYCHOTRIA* L.
(RUBIACEAE) EM FLORESTA ESTACIONAL EM
SANTA MARIA, RS, BRASIL.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Taise Maria Pelissaro

Santa Maria, RS, Brasil

2012

**FENOLOGIA E BIOLOGIA FLORAL DE TRÊS
ESPÉCIES SIMPÁTRICAS DE *PSYCHOTRIA* L.
(RUBIACEAE) EM FLORESTA ESTACIONAL EM
SANTA MARIA, RS, BRASIL.**

Taise Maria Pelissaro

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, Área de Concentração Agrobiologia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agrobiologia.**

Orientadora: Prof. Dra. Sônia Maria Eisinger

Santa Maria, RS, Brasil

2012

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Pelissaro, Taise Maria

Fenologia e biologia floral de três espécies simpátricas de PSYCHOTRIA L. (Rubiaceae) em floresta estacional em Santa Maria, RS, Brasil. / Taise Maria Pelissaro.-2012.

76 p.; 30cm

Orientadora: Sônia Maria Eisinger

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, RS, 2012

1. Psychotria 2. Heterostilia 3. Sub-bosque 4. Visitantes florais 5. Zoocoria I. Eisinger, Sônia Maria II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**FENOLOGIA E BIOLOGIA FLORAL DE TRÊS ESPÉCIES
SIMPÁTRICAS DE *PSYCHOTRIA* L. (RUBIACEAE) EM FLORESTA
ESTACIONAL EM SANTA MARIA, RS, BRASIL.**

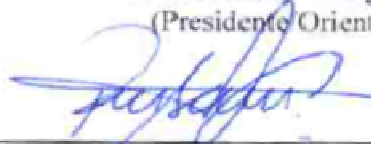
elaborada por
Taise Maria Pelissaro

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agrobiologia

COMISSÃO EXAMINADORA:



Sônia Maria Eisinger, Dra.
(Presidente Orientadora)



Rubem Samuel de Ávila Jr., Dr. (Unipampa)



Thaís Scotti do Canto Dorow, Dra. (UFSM)

Santa Maria, 27 de Junho de 2012.

*Aos que acreditam que a educação
pode transformar vidas.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Santo e à minha mãe Ilanir, por sempre apoiarem e incentivarem nas minhas decisões, pelos exemplos de idoneidade, ética, respeito aos outros e pelo amor incondicional.

Aos meus irmãos Romoaldo, João Sirineu e Simone, pelo companheirismo, pela amizade, por fazerem a minha vida mais feliz e serem as pessoas que sei que posso contar sempre.

À Alice, ao Rúben e à Luíza, minha família também, pelo apoio, auxílio, palavras de conforto e incentivo durante toda essa jornada.

Aos meus meninos amados Pablo e Miguel. Ao Pablo por estar sempre comigo, mesmo longe fisicamente, por me dar estrutura emocional e carinho, por me consolar. Por estarmos caminhando juntos em uma mesma direção, às vezes por caminhos abertos, muitas vezes abrindo caminho em meio ao desconhecido. Obrigada por me apoiar sempre, e por me fazer sorrir. Ao Miguel por ser a luz da minha vida. Por um sorriso seu valer qualquer esforço, te amo, meu pequeno.

Às minhas amigas de toda vida, que mesmo distante estão sempre comigo. Naiara Cristina, Angela Elisa, Isabel Maria e Bruna Fernanda, vocês sempre farão parte das minhas conquistas.

À Tia Eny, ao Tio Jorge Arlan e à Clarissa, pela acolhida em Chapecó, ajuda e amizade. Vocês foram e são um presente na minha vida.

Aos meus professores da Graduação pelos ensinamentos, e por me ensinarem a ver a biologia com “magia”, e por me proporcionarem a oportunidade conhecê-las.

Aos meus colegas de graduação, especialmente a Carla, a Daiane, a Maria Cecília e a Brisa, pelas conversas, fofocas, pela construção conjunta do nosso conhecimento, sinto muitas saudades.

Aos amigos que fiz em Santa Maria durante o tempo que morei nessa cidade. Com eles cresci como ser humano.

À Professora Sônia que me recebeu e ensinou muito desde a graduação e me aceitou como sua orientanda na Pós. Obrigada pelo companheirismo e pela paciência que sempre teve comigo.

À Professora Thais, a mais carinhosa lembrança da minha graduação, que me fez amar ainda mais a botânica.

Aos meus colegas do PPG Agrobiologia.

Aos meus amigos do Laboratório de Taxonomia, pelos cafés, mates e conversas, desabafos e solidariedade nas mais diversas situações.

Ao Tiago, amigo de conversas diversas e de “papos fenológicos”, parceiro de muitas indias. Sempre lembrarei quanta raiva e inveja sentia da sua organização. Valeu amigo, pela convivência e parceria durante o mestrado.

À Dani, de quem lembrarei e levarei comigo a alegria e a sinceridade. Sentirei saudades de seu sorriso e de sua determinação.

À doce Tati, pela ajuda, conversas, apoio moral e logístico. Por me contagiar com seu entusiasmo pela Botânica, mesmo se tratando de plantas não tão atrativas, e por descobrir que temos afinidades em outros assuntos. Tati, sua dedicação para conhecer as plantas me emociona.

À Liti, pela parceria e carinho, por ensinar que se consegue superar dificuldades com um sorriso no rosto e por dividir seus biscoitos nas aulas de bioclimato.

À família Canto pela permissão de realizar o meu trabalho na sua propriedade, e em especial ao Beto, pelas caronas e pela preocupação que teve durante o campo à noite.

À professora Solange Tedesco e às meninas do Laboratório de Citogenética Vegetal pela ajuda com os pólenes, pela parceria, palavras de apoio e desejo de sucesso.

À Marina pela ajuda com as tomadas de medidas das flores.

À professora Ana Beatriz Barros de Moraes por identificar as borboletas, e a professora Sônia Thereza Bastos Dequech por auxiliar com os demais insetos.

Ao PPG Agrobiologia, no tocante à coordenação, professores e funcionários, por proporcionar a realização deste trabalho.

À CAPES, pela concessão da bolsa de pesquisa.

A vida é um pequeno fluxo mantido pela luz do sol.

(Albert Szent-Györgyi)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia
Universidade Federal de Santa Maria

FENOLOGIA E BIOLOGIA FLORAL DE TRÊS ESPÉCIES SIMPÁTRICAS DE *PSYCHOTRIA* L. (RUBIACEAE) EM FLORESTA ESTACIONAL EM SANTA MARIA, RS, BRASIL.

AUTORA: TAISE MARIA PELISSARO

ORIENTADORA: SÔNIA MARIA EISINGER

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 27 de junho de 2012.

Espécies do gênero *Psychotria* L. são comuns no sub-bosque das formações florestais tropicais e subtropicais. A maioria das espécies são distílicas, apresentando dois morfos florais (brevistilo e longistilo) em uma mesma população, contudo espécies homostílicas ou monomórficas são comuns. O objetivo deste trabalho foi o de acompanhar a fenologia vegetativa e reprodutiva, bem como determinar aspectos da biologia floral, com ênfase na morfometria floral, e os visitantes florais de *Psychotria leiocarpa* Cham. & Schltdl., *P. carthagenensis* Jacq. e *P. myriantha* Muell. Arg. encontradas em um fragmento de Floresta Estacional Decidual no distrito de Boca do Monte, Santa Maria, RS (53°54'W, 29°38'S). O acompanhamento fenológico foi quinzenal de agosto de 2010 a agosto de 2011. Foram observadas as fenofases vegetativas (queda foliar e brotamento) e reprodutivas de floração (botão e antese) e de frutificação (fruto imaturo e maduro). Durante a floração foram observados o período e duração da antese e visitantes florais, e realizadas coleta de flores para as análises morfométricas e de viabilidade polínica. As três espécies possuem sincronia intraespecífica em todas as fenofases. A queda foliar ocorreu durante todo o ano, mas foi mais expressiva em *P. leiocarpa* nos meses de outono e inverno, nas outras espécies restringiu-se a poucas folhas. O brotamento foi sincrônico entre as espécies e ocorreu nos meses de primavera, seguido da emissão de botões. A floração foi do tipo anual intermediária para as três espécies e ocorreu entre outubro e janeiro. Houve maior sincronia entre *P. leiocarpa* e *P. carthagenensis*, pois *P. myriantha* possui um pequeno atraso no pico de floração em relação às outras espécies. A frutificação é sincrônica, e a maturação dos frutos é gradual e de longa duração durante o outono e inverno. A precipitação não se correlacionou com nenhuma das fenofases. As maiores correlações foram obtidas para frutos imaturos com a temperatura e frutos maduros com a temperatura e comprimento do dia. A antese é diurna para as três espécies. Em *P. leiocarpa*, o período de antese foi entre 5h às 17 horas. *P. myriantha* teve vários períodos de antese durante o dia e duração de 24 horas. Em *P. carthagenensis*, a antese ocorreu em dois períodos: entre as 5h até 18h, e das 12h até a manhã do dia seguinte. *P. myriantha* é homostílica. *P. leiocarpa* possui os dois morfos florais, hercogamia recíproca e anisopleτία. Apresentou características dimórficas auxiliares para comprimento da corola, tamanho dos lobos estigmáticos e no tamanho dos grãos de pólen, maior nas flores brevistilas e no diâmetro da corola e na quantidade de grãos de pólen por antera, maior nas flores longistilas. *P. carthagenensis* possui os dois morfos florais, sem hercogamia recíproca e é anisopleτία. Apresentou características dimórficas auxiliares para comprimento dos lobos estigmáticos e tamanho da antera, maior no morfo brevistilo e diâmetro da corola, maior no morfo longistilo. Os visitantes florais foram insetos, principalmente da ordem Hymenoptera. *Apis mellifera* foi o visitante mais frequente em *P. leiocarpa* e *P. myriantha*, e *P. carthagenensis* apresenta abelhas nativas como os visitantes mais frequentes.

Palavras-chave: *Psychotria*. Sub-bosque. Zoocoria. Heterostilia. Hercogamia recíproca. Visitantes florais.

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia
Universidade Federal de Santa Maria

PHENOLOGY AND FLORAL BIOLOGY OF THREE SYMPATRIC SPECIES OF *PSYCHOTRIA* L. (RUBIACEAE) IN SEASONAL FOREST IN SANTA MARIA, RS, BRAZIL.

AUTHOR: TAISE MARIA PELISSARO

ADVISER: SÔNIA MARIA EISINGER

Defense Place and Date: Santa Maria, Jun 27nd, 2012.

Species of the genus *Psychotria* L. are common in the understory of tropical and subtropical forest formations. Most species are distylous with two floral morphs (thrum and pin) in the same population, however homostylous and monomorphic species are common. The objective of this work was to monitor the vegetative and reproductive phenology, as well as determine aspects of floral biology, with emphasis on floral morphometric and floral visitors of *Psychotria leiocarpa* Cham. & Schldl., *P. carthagenensis* Jacq. e *P. myriantha* Muell. Arg. found in Seasonal Deciduous Forest fragment in Boca do Monte, Santa Maria, RS (53°54'W, 29°38'S). The phenological monitoring was performed every fortnight from August 2010 to August 2011. Were evaluated the vegetative phenophases (budding and leaf fall) and reproductive flowering (anthesis and bud) and fruiting (immature and mature fruit). Were observed during flowering period and duration of anthesis and floral visitors, and collected flowers for morphometric analysis and pollen viability. The three species have intraspecific synchrony in all phenophases. Leaf fall occurred throughout the year, but was more expressive *P. leiocarpa* in the months of autumn and winter, in other species restricted to a few leaves. The leaf emission was synchronic and occurred in spring, followed by the issue of buds. The bloom was like the annual intermediate for the three species and occurred between October and January. There was greater synchrony between *P. leiocarpa* and *P. carthagenensis*, *P. myriantha* has a slight delay in peak bloom. The fruiting is synchronic, and fruit maturation is gradual and long-term during the autumn and winter. The precipitation was not correlated with any of the phenophases. The highest correlations were obtained for immature fruit with ripe fruit temperature and with temperature and day length. In *P. leiocarpa* period of anthesis was from 5 to 17 hours. *P. myriantha* anthesis took several periods during the day, and lasts for 24 h. In *P. carthagenensis* anthesis occurred in two periods: between 5 to 18 hours and between 12 hours until the next morning. *P. myriantha* is homostílica. *P. leiocarpa* has the two floral morphs, reciprocal herkogamy and not isoplectic. It has dimorphic traits auxiliary corolla length, size of the stigma lobes and the size of pollen grains, and higher in thrum flowers corolla diameter and number of pollen grains per anther, the higher pin flowers. *P. carthagenensis* has the two floral morphs, without reciprocal herkogamy and is not isoplectic. Presented dimorphic traits auxiliary, length of stigma lobes and anther size, higher in thrum morph and diameter of the corolla in higher pin morpho. The floral visitors were insects, especially of the order Hymenoptera. *Apis mellifera* was the most frequent visitor in *P. leiocarpa* and *P. myriantha*. *P. carthagenensis* has native bees as the most frequent visitors

Key words: *Psychotria*. Understory. Zoochory. Heterostyly. Reciprocal herkogamy. Floral visitors.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1 – Variação das médias mensais de temperatura média (T med), temperatura máxima (T max), temperatura mínima (T min) e precipitação mensal acumulada para Santa Maria - RS no período de agosto de 2010 a julho de 2011..... 25
- Figura 2 – Variação do comprimento do dia em horas durante o ano para a latitude de 29°38'S..... 26
- Figura 3 – Porcentagem de indivíduos das três espécies de *Psychotria* acompanhadas em relação às fenofases de brotamento e queda foliar, no período de agosto de 2010 a agosto de 2011..... 27
- Figura 4 – Índice de Atividade das espécies de *Psychotria carthagenensis*, *Psychotria myriantha* e *Psychotria leiocarpa* para as fenofases de brotamento e de queda foliar, no período de agosto de 2010 a agosto de 2011..... 27
- Figura 5 – Índice de atividade (IA) e Intensidade de Fournier para as espécies de *Psychotria* acompanhadas em relação às fenofases de botão e de antese, no período de agosto de 2010 a agosto de 2011..... 29
- Figura 6 – Índice de atividade das espécies de *Psychotria carthagenensis*, *Psychotria myriantha* e *Psychotria leiocarpa* para as fenofases de botão e de antese, no período de agosto de 2010 a agosto de 2011 30
- Figura 7– Intensidade de Fournier das espécies de *Psychotria carthagenensis*, *Psychotria myriantha* e *Psychotria leiocarpa* para as fenofases de botão e de antese, no período de agosto de 2010 a agosto de 2011..... 30
- Figura 8 – Índice de atividade (IA) e Intensidade de Fournier para as espécies de *Psychotria* acompanhadas em relação às fenofases de fruto imaturo e de fruto maduro, no período de agosto de 2010 a agosto de 2011..... 31
- Figura 9 – Índice de atividade das espécies de *Psychotria carthagenensis*, *Psychotria myriantha* e *Psychotria leiocarpa* para as fenofases de fruto imaturo e de fruto maduro, no período de agosto de 2010 a agosto de 2011..... 32
- Figura 10 – Intensidade de Fournier das espécies de *Psychotria carthagenensis*, *Psychotria myriantha* e *Psychotria leiocarpa* para as fenofases de fruto imaturo e de fruto maduro, no período de agosto de 2010 a agosto de 2011..... 32

CAPÍTULO 2

- Figura 1 – Medidas morfométricas das flores das espécies de *Psychotria* L. encontrados em fragmento de floresta Estacional Decidual em Santa Maria, RS. DC: Diâmetro da Corola. CEs: Comprimento do Estilete. CE: Comprimento de estigma. AE: Altura do estigma. CC: Comprimento da corola. AA: Altura da antera. CA: Comprimento da antera. OV: Ovário. SP: Separação estigma-antera..... 54
- Figura 2 – Flores das espécies de *Psychotria* L. encontradas em fragmento de floresta Estacional Decidual em Santa Maria, RS. *Psychotria leiocarpa*: A - flor brevistila; B - flor longistila; C - pistilo de flor brevistila; D - pistilo de flor

longistila. *P. carthagenensis*: E - flor longistila; F - flor brevistila; G - pistilo de flor longistila; H - pistilo de flor brevistila. *P. myriantha*: I - inflorescência; J – Flor homostílica. Barra 1mm..... 57

Figura 3 – Separação estigma-antera das espécies de *Psychotria* L. encontradas em fragmento de floresta Estacional Decidual em Santa Maria, RS. A *P.carthagenensis*; B – *P. leiocarpa*; C – *P. myriantha*. (◆) flor longistila; (●) flor brevistila; (▲) flor homostílica. 60

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- Tabela 1 – Valores significativos da correlação de Sperman (r_s) entre os fatores abióticos de temperatura e de comprimento do dia e as fenofases de: brotamento (Brot); queda foliar (Que); botão (Bo); antese (Ant); fruto imaturo (Fima); fruto maduro (Fmad), para as espécies *Psychotria carthagenensis* (Pc), *Psychotria myriantha* (Pm), *Psychotria leiocarpa* (Pl) e as três espécies juntas (Todas) no tempo zero (0) e no tempo um (1). 28

CAPÍTULO 2

- Tabela 1 – Médias e \pm desvio padrão das medidas morfométricas das flores, número de grão de pólen, viabilidade polínica e separação estigma antera das espécies de *Psychotria* L. encontrados em fragmento de floresta Estacional Decidual em Santa Maria, RS. L - morfo longistilo; B - morfo brevistilo. Valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey, de probabilidade de 5%. 60
- Tabela 2 – Visitantes florais de três espécies do gênero *Psychotria* L. em fragmento de floresta Estacional Decidual em Santa Maria, RS. MF - muito frequente (> 10 visitas/hora), F - frequente (entre 10 e 5 visitas/hora), R - raro (< 5 visitas/hora)..... 61

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| INTRODUÇÃO GERAL..... | 14 |
| CAPÍTULO 1 - FENOLOGIA DE TRÊS ESPÉCIES SIMPÁTRICAS DE <i>PSYCHOTRIA</i> L. EM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL EM SANTA MARIA, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL..... | 20 |
| Resumo..... | 20 |
| Introdução..... | 21 |
| Material e Métodos | 23 |
| Resultados..... | 25 |
| Discussão..... | 33 |
| Conclusão..... | 41 |
| Referências Bibliográficas..... | 42 |
| CAPÍTULO 2 - ASPECTOS DA BIOLOGIA E MORFOMETRIA FLORAL DE TRÊS ESPÉCIES DE <i>PSYCHOTRIA</i> L. (RUBIACEAE) EM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL EM SANTA MARIA, RS, BRASIL..... | 50 |
| Resumo..... | 50 |
| Introdução..... | 51 |
| Material e Métodos | 52 |
| Resultados..... | 55 |
| Discussão..... | 62 |
| Conclusão..... | 69 |
| Referências Bibliográficas..... | 69 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 75 |

INTRODUÇÃO GERAL

A biologia reprodutiva preocupa-se em investigar os fatores envolvidos na reprodução das plantas desde a antese até a formação das sementes (FAEGRI & VAN DER PIJL, 1979). Varias abordagens podem ser utilizadas para compreender a dinâmica reprodutiva nas comunidades vegetais, entre elas a fenologia, a biologia floral, os sistemas de cruzamento, a biologia da polinização, a produção e dispersão de frutos e sementes (RAMÍREZ, 2002).

Neste contexto, a fenologia estuda os eventos biológicos periódicos e repetitivos em relação às mudanças no meio abiótico e biótico, e a inter-relação dentro da mesma espécie ou de espécies diferentes (LEITH, 1974). Os diferentes comportamentos fenológicos encontrados nas plantas são resultados de diversas forças seletivas que atuam em conjunto, como fatores climáticos, fuga de predadores ou doenças e a competição por dispersores e polinizadores (MORELLATO & LEITÃO-FILHO, 1992; VAN SCHAIK *et al.*, 1993; BRODY, 1997). Desta forma a fenologia caracteriza-se como um requisito básico para monitorar, gerir e conservar os ecossistemas (NEWSTRON *et al.*, 1994).

As plantas possuem ritmos fenológicos próprios que podem ser ativados com determinadas condições ambientais. Assim, variações no padrão climático interferem no desenvolvimento da floração e da frutificação (HAMANN, 2004). Em meio ao cenário climático global, compreender como processos fenológicos ocorrem e evoluem é fundamental diante das mudanças eminentes e suas consequências em relação aos ambientes naturais e produtivos (ELZIGNA *et al.*, 2007; MORELLATO, 2007a).

No Brasil estudos fenológicos são escassos, geralmente, de curta duração, realizados em florestas, seguidas pelas savanas e, com poucas exceções, enfocam espécies arbóreas ou lenhosas. Poucos são os estudos que incluem epífitos, trepadeiras, estratos inferiores de florestas ou herbáceas e ambientes com sazonalidade climática (MORELLATO, 2007b). Desta forma, a diversificação do enfoque de estudos fenológicos é crucial para compreender a relação das plantas com o ambiente (fatores bióticos e abióticos) obtendo dados para a conservação da biodiversidade.

As angiospermas possuem uma gama de estratégias para garantir o seu sucesso reprodutivo, sendo as responsáveis pela conquista e a manutenção destas plantas nos mais variados ambientes da Terra. Deste modo, compreender como a reprodução das plantas ocorre é estratégico para o desenvolvimento tecnológico, a conservação da biodiversidade e controle de plantas invasoras (BARRETT, 2010). Entre as variadas estratégias reprodutivas

das angiospermas ocorre uma denominada heterostilia.

A heterostilia é um mecanismo de autoincompatibilidade esporofítico heteromórfico, no qual ocorre polimorfismo floral geneticamente controlado, em que indivíduos distintos apresentam dois (distilia) ou três (tristilia) morfos florais, que diferem quanto ao tamanho do estilete e dos estames. Na distilia, os morfos são denominados brevistilos, com estilete abaixo das anteras, e longistilos, com estilete acima das anteras, e a fecundação e formação de frutos ocorrem após a polinização intermorfo (GANDERS, 1979; BARRETT & RICHARDS, 1990; BARRETT, 1992). O sucesso reprodutivo das espécies distílicas está relacionado com a hercogamia recíproca, estiletos e anteras dos morfos distintos estão em um mesmo nível, e com a isopleia, em que a proporção dos morfos florais na população é de 1:1. Essas características contribuem para o fluxo de pólen entre os morfos (GANDERS, 1979; BARRETT, 1992).

O acúmulo de conhecimento nesta área está conduzindo para novas formas de compreender as funções da heterostilia, reconhecendo papéis diferentes para o polimorfismo floral (mecanismo morfológico) e o sistema de incompatibilidade auto e intramorfo (mecanismo fisiológico) no aumento do sucesso reprodutivo feminino e masculino. Assim, hercogamia recíproca aumentaria a aptidão masculina, promovendo um eficiente fluxo de pólen e evitando a deposição em um estigma incompatível. Por outro lado, incompatibilidade auto e intramorfo aumentaria a aptidão feminina por evitar a “auto-fecundação”, diminuindo a depressão endogâmica (BARRETT & SHORE, 2008).

A heterostilia evoluiu de forma independente em 28 famílias de angiospermas (BARRETT *et al.*, 2000). Rubiaceae é a que apresenta maior número de espécies distílicas, e há possibilidade de origem múltipla desta síndrome dentro da família (GANDERS, 1979; BARRETT & RICHARDS, 1990; FAIVRE & MCDADE, 2001). Alguns gêneros de Rubiaceae, entre eles *Psychotria*, são descritos como tipicamente distílicos, contudo espécies dentro desses gêneros possuem diferentes graus de alterações (SAKAI & WRIGHT, 2008; FAIVRE & MCDADE, 2001). Há relatos de quebra da distilia formando populações monomórficas ou homostílicas, geralmente ligadas à perda da auto-incompatibilidade e incompatibilidade intramorfo (SAKAI & WRIGHT, 2008; CONSOLARO, 2008). Por esses motivos a heterostilia é uma exemplo notável de evolução convergente oferecendo uma oportunidade de para desenvolver estudos de evolução e adaptação nas plantas (BARRETT, 1992).

Rubiaceae possui distribuição cosmopolita com cerca de 9000 espécies, caracterizando-se, portanto, como uma das famílias mais representativas na flora brasileira,

estando presente em todas as formações naturais (SOUZA & LORENZI, 2008). O gênero *Psychotria* possui 1500 a 1700 espécies distribuídas nas regiões tropicais, sendo mais rara a sua ocorrência em regiões subtropicais (DELPRETE *et al.*, 2005). No Brasil há registros de 264 espécies (TAYLOR, 2012), frequentemente, encontradas nos sub-bosques das formações florestais brasileiras (SOUZA & LORENZI, 2008). As espécies do gênero são consideradas importante fonte alimentar para animais polinizadores e dispersores (LIMA, 1986; ALMEIDA & ALVES, 2000; CASTRO & OLIVEIRA, 2002; DELLA FLORA, 2010).

Neste trabalho serão abordadas as espécies *Psychotria leiocarpa* Cham.& Schltl., *P. carthagenensis* Jacq. e *P. myriantha* Muell. Arg.. Ele está estruturado em dois capítulos na forma de artigos científicos. O primeiro visa determinar o padrão fenológico, vegetativo e reprodutivo das três espécies; comparar os seus padrões fenológicos; relacionar os eventos fenológicos com fatores abióticos meteorológicos de precipitação e de temperatura e o fator astronômico do comprimento do dia e relacionar a fenologia reprodutiva com a oferta de alimento para polinizadores e dispersores. O segundo, aborda aspectos da biologia floral, com ênfase na morfometria floral, e os visitantes florais das três espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. M.; ALVES, M. A. S. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica do sudeste do Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v.14, p. 335-346, 2000.

BARRETT, S.C.H. Heterostylous genetic polymorphisms: model systems for evolutionary analysis. In: Barrett, S.C.H. (ed.). **Evolution and function of heterostyly**. Springer-Verlag, Berlin. p. 1-29. 1992.

BARRETT, S.C.H. Understanding plant reproductive diversity. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 356, p. 99-109, 2010.

BARRETT, S. C. H.; RICHARDS, J. H. Heterostyly in tropical plants. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, v. 55, p. 35-61, 1990.

BARRETT, S.C.H.; JESSON, L.K.; BAKER, A.M. The evolution of stylar polymorphisms in plants. **Annals of Botany**, n. 85, p. 253–265, 2000.

BARRETT S. C. H. & SHORE J. S. New insights on heterostyly: comparative biology, ecology and genetics. In: FRANKLIN-TONG V. E. (ed.). **Self-Incompatibility in Flowering Plants: Evolution, Diversity, and Mechanisms**. Springer-Verlag, Berlin. p. 3–32, 2008.

BRODY, A. K. Effects of pollinators, herbivores, and seed predators on flowering phenology. **Ecology**, v.78, p. 1624–1631, 1997.

CASTRO, C. C.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Pollination biology of distylous Rubiaceae in the Atlantic rain forest, SE Brazil. **Plant Biology**, v. 4, p. 640-646, 2002.

CONSOLARO, H. N. **A distilia em espécies de Rubiaceae do bioma Cerrado**. 2008, 96 f. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

DELLA FLORA, F. **Ecologia comportamental do tangará *Chiroxiphia caudata* (Aves, Pipridae) no extremo Sul da Floresta Atlântica**. 2010, 96f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Animal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

DELPRETE, P. G. ; SMITH, L. B. ; KLEIN, R. B. **Rubiáceas**, Volume II - Gêneros de H-Z: 20. Gardenia até 46. Tocoyena - Flora Ilustrada Catarinense. 1. ed. Itajaí. Impresso. 2005.

ELZINGA, J. A. *et al.* Time after time: flowering phenology and biotic interactions. **TRENDS in Ecology and Evolution**, v. 22, n 8, 2007.

FAEGRI, K & VAN DER PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. Pergamon. Oxford, 1979.

FAIVRE, A.E.; McDADE, L.A. Population-level variation in the expression of heterostyly in three species of Rubiaceae: does reciprocal placement of anthers and stigmas characterize heterostyly? **American Journal of Botany**, v. 88, p. 841-853, 2001.

GANDERS F. R. The biology of heterostyly. **New Zealand Journal of Botany**, n. 17, p 07–635, 1979.

HAMANN, A. Flowering and fruiting phenology of a Philippine submontane rain forest: climate factors as proximate and ultimate causes. **Journal of Ecology**, v.92 p. 24-31, 2004.

LEITH, H. Purposes of a phenology book. In: **Phenology and sazonal modeling**. Springer-Verlag. Ecological Studies, v.8, p. 3-19, 1974.

LIMA, H.A. **Contribuição ao estudo da biologia floral, da fenologia e do sistema de reprodução de *Psychotria leiocarpa* Cham. et Schl. (Rubiaceae)**. 1986. 82f. Dissertação (Mestrado Ciências Biológicas - Botânica)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1986.

MORELLATO, L.P.C. Fenologia e suas aplicações no estudo e monitoramento de mudanças climáticas. . In: Rego, G.M., Negrelle, R.B.; Morellato, L.P.C.. (Org.). **Fenologia como Ferramenta para Conservação e Manejo de Recursos Vegetais**. Colombo, EMBRAPA, p. 203-212, 2007a.

_____. A pesquisa em fenologia na América do Sul, com ênfase no Brasil, e suas perspectivas atuais. In: REGO, G.M., NEGRELLE, R.B.; MORELLATO, L.P.C.. (Org.). **Fenologia como Ferramenta para Conservação e Manejo de Recursos Vegetais**. 1 ed. Colombo: EMBRAPA, p. 37-48, 2007b.

MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: MORELLATO (Org.) **História natural da Serra do Japi - Ecologia e Preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil**. Campinas: Ed. da UNICAMP/FAPESP, p.112-140, 1992.

NEWSTRON, L.E. *et al.*. Diversity of long-term flowering patterns. In: MCDADE, L.A.; BAWA, K.S.; HESPENHEIDE, H.A.; HARTSHIRN, G.S. (Org.). **La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest**. Chicago University Press, Chicago. p.142-160, 1994.

RAMÍREZ, N. Reproductive phenology, life-forms, and habitats of the venezuelan central plain. **American Journal of Botany**, v.89, n.5, p. 836–842 2002.

SAKAI S. & WRIGHT S. J. Reproductive ecology of 21 coexisting *Psychotria* species (Rubiaceae): when is heterostyly lost? **Biological Journal of the Linnean Society**, n. 93, p. 125-134, 2008.

SAN MARTIN-GAJARDO, I.; MORELLATO, L. P. C. Fenologia de Rubiaceae do sub-bosque em Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, p. 299-309, 2003.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da fora brasileira, baseado em APG II**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2008.

TAYLOR, C. *Psychotria in Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio

de Janeiro. 2012. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB014153>>. Acessado em março de 2012.

VAN SCHAIK, C. P.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. The phenology of Tropical Forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematic**, v. 24, p. 353-377, 1993.

CAPÍTULO 1 - FENOLOGIA DE TRÊS ESPÉCIES SIMPÁTRICAS DE *PSYCHOTRIA* L. (RUBIACEAE) EM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL EM SANTA MARIA, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.

Resumo – O objetivo deste trabalho foi o de acompanhar a fenologia vegetativa e reprodutiva das espécies simpátricas *Psychotria leiocarpa* Cham. & Schltdl., *P. carthagenensis* Jacq. e *P. myriantha* Muell. Arg., encontradas em um fragmento de Floresta Estacional Decidual, em Santa Maria, região central do Rio Grande do Sul, relacionando-se eventos fenológicos com fatores abióticos meteorológicos de precipitação e temperatura e o fator astronômico do comprimento do dia. A amostragem foi realizada em uma trilha no fragmento florestal localizado no distrito de Boca do Monte, Santa Maria, RS (53°54'W e 29°38'S). O acompanhamento foi quinzenal, de agosto de 2010 a agosto de 2011. Foram observadas as fenofases vegetativas de queda foliar e de brotamento e reprodutivas de floração (botão e antese) e de frutificação (fruto imaturo e maduro). As análises foram quantitativa (Índice de Atividade) e qualitativa (Intensidade de Fournier). As três espécies possuem sincronia intraespecífica em todas as fenofases. A queda foliar ocorreu durante todo o ano, em *P. leiocarpa* foi mais expressiva nos meses de outono e inverno e nas outras espécies restringiu-se a poucas folhas. O brotamento foi sincrônico e ocorreu nos meses de primavera, seguido da emissão de botões. A floração foi do tipo anual intermediária para as três espécies e ocorreu entre outubro e janeiro. Houve maior sincronia entre *P. leiocarpa* e *P. carthagenensis*, pois *P. myriantha* possui um pequeno atraso no pico de floração em relação às outras espécies. A frutificação foi sincrônica, e a maturação dos frutos foi gradual e de longa duração durante o outono e inverno. A precipitação não se correlacionou com nenhuma das fenofases. As maiores correlações foram obtidas para frutos imaturos com a temperatura e frutos maduros com a temperatura e comprimento do dia.

Palavras-chave: *Psychotria*, floração, frutificação, sub-bosque, zoocórico.

INTRODUÇÃO

Os estudos fenológicos contribuem para o entendimento da regeneração e reprodução das plantas, da organização temporal dos recursos dentro das comunidades, das inter-relações planta-animal e da evolução da história da vida dos animais que dependem das plantas para alimentação, como herbívoros, polinizadores e dispersores (MORELLATO & LEITÃO FILHO, 1992, 1996). É requisito básico para monitorar, gerir e conservar os ecossistemas (NEWSTRON *et al.*, 1994).

Em meio ao cenário climático global, compreender como os processos fenológicos ocorrem e evoluem é fundamental diante das mudanças eminentes e suas consequências em relação aos ambientes naturais e produtivos (ELZINGA *et al.*, 2007; MORELLATO, 2007a). As plantas possuem ritmos fenológicos próprios que podem ser ativadas com determinadas condições ambientais. Assim, variações no padrão climático podem interferir no desenvolvimento da floração e frutificação (HAMANN, 2004).

A fenologia estuda os eventos biológicos periódicos e repetitivos em relação às mudanças no meio abiótico e biótico e a inter-relação dentro da mesma espécie ou de espécies diferentes (LEITH, 1974). De modo geral, para as plantas, esses eventos são emissão foliar, floração e frutificação (ALMEIDA & ALVES, 2000; SAN MARTIN-GAJARDO & MORELLATO, 2003a).

Os diferentes comportamentos fenológicos encontrados nas plantas são resultados de diversas forças seletivas que atuam em conjunto, como fatores climáticos, fuga de predadores ou doenças e a competição por dispersores e polinizadores. (HERRERA, 1982; MORELLATO & LEITÃO-FILHO, 1992; VAN SCHAİK *et al.*, 1993; BRODY, 1997).

Morellato (2007b) fez uma síntese dos trabalhos envolvendo fenologia no Brasil e afirma que a maioria dos estudos foi desenvolvida em florestas, seguidas pelas savanas e, com poucas exceções, enfocam espécies arbóreas ou lenhosas. Poucos são os estudos que incluem epífitos, trepadeiras, estratos inferiores de florestas ou herbáceas. De forma geral os ambientes possuem pouca sazonalidade climática, ou apresentam invernos secos e verões úmidos, sem grandes variações de temperatura. Portanto, estudos que envolvam a fenologia de espécies arbustivas e em locais com padrões climáticos diferenciados contribuem para entender a relação das plantas com o ambiente.

O gênero *Psychotria* L. possui 1500 a 1700 espécies distribuídas nas regiões tropicais, sendo mais rara a sua ocorrência em regiões subtropicais (DELPRETE *et al.* 2005). No Brasil há registros de 264 espécies (TAYLOR, 2012), ocorrendo no sub-bosque de diversas

formações florestais como: Floresta Estacional Semidecidual (MIKICH & SILVA, 2001), Floresta Semidecidual Submontana (PEREIRA *et al.*, 2006a); em Floresta Estacional Decidual (LONGUI *et al.*, 1999; AZAMBUJA *et al.*, 2007) ou na Mata Atlântica (LIMA, 1986; ALMEIDA & ALVES, 2000; SAN MARTIN-GAJARDO & MORELLATO, 2003a). Espécies de *Psychotria* são consideradas importante fonte alimentar para animais, tanto polinizadores como dispersores (LIMA, 1986; ALMEIDA & ALVES, 2000; CASTRO & OLIVEIRA, 2002; TEIXEIRA & MACHADO, 2004; DELLA FLORA, 2010).

Apesar de sua importância ecológica nos ambientes, são escassos os trabalhos que envolvam a fenologia das espécies do gênero *Psychotria*. A maioria dos dados disponíveis diz respeito à época de floração ou a fenologia reprodutiva, principalmente das espécies que apresentam heterostilia. Trabalhos de fenologia vegetativa e reprodutiva realizados no Brasil que envolvem espécies de *Psychotria* foram desenvolvidos por Lima (1986); Almeida & Alves (2000), San Martin-Gajardo & Morellato (2003a), Consolaro (2004).

Neste trabalho são abordadas as espécies *Psychotria leiocarpa* Cham. & Schltdl., *P. carthagenensis* Jacq. e *P. myriantha* Muell. Arg., encontradas em um fragmento de Floresta Estacional Decidual, em Santa Maria, na região central do Rio Grande do Sul, com objetivo de: determinar e comparar o padrão fenológico, vegetativo e reprodutivo das espécies; relacionar os eventos fenológicos com fatores abióticos meteorológicos de precipitação e temperatura e com o fator astronômico do comprimento do dia. E confrontar a fenologia reprodutiva com a oferta de alimento para polinizadores e dispersores.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo está localizada no distrito de Boca do Monte, município de Santa Maria, RS. O fragmento florestal está situado em uma área de aproximadamente 60 ha próximo às coordenadas 53°54'W e 29°38'S, em uma encosta de exposição noroeste, com altitudes que variam de 200 a 300m. Encontra-se em uma propriedade particular e parece não ter sofrido, recentemente, ação antrópica intensa (GIEHL *et al.* 2007). Os solos da área são classificados como Chernossolo Argilúvico férrico típico em associação com Neossolo Litólico Eutrófico típico (STRECK *et al.* 2002).

A formação florestal é descrita como Floresta Estacional Decidual onde mais de 50% da formação florestal perde as folhas (VELOSO *et al.* 1991). Sua deciduidade é relacionada

principalmente à presença de um grande número de espécies da família Fabaceae (LEITE, 2002), que perdem as folhas no inverno devido às baixas temperaturas.

Um levantamento florístico feito na área de estudo demonstrou que o componente arbóreo é composto por 58 espécies de 26 famílias botânicas, sendo Fabaceae, Lauraceae, Meliaceae e Myrtaceae com maior número de espécies. Em relação à densidade absoluta, as espécies mais importantes são: *Gymnanthes concolor* (Spreng.) Müll. Arg., *Aiouea saligna* Meisn., *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., e *Cupania vernalis* Cambess., encontradas com densidade absoluta maior que 100 (GIEHL *et al.* 2007). No estrato arbustivo predominam espécies do gênero *Psychotria*, com destaque para *P. leiocarpa*, que alcança os maiores valores em todos os índices fitossociológicos. *Psychotria myriantha* e *P. carthagenensis* são, respectivamente, a terceira e quarta espécie em valor de importância na área (AZAMBUJA *et al.* 2007).

O clima da região é do tipo Cfa, temperado úmido, segundo a classificação de Köppen, com chuvas bem distribuídas durante os doze meses do ano, acumulando cerca de 1700 mm. A temperatura média anual é de 19,6° C, atingindo valores médios extremos de 9,3°C em julho e 26,8°C em março.

Descrição das espécies

Das espécies abordadas no presente estudo, *Psychotria carthagenensis* tem hábito arbustivo, mas pode chegar ao porte arbóreo, possui grande variação morfológica entre as diferentes formações florestais, apresenta distília e distribui-se da Costa Rica até a Argentina, no Brasil, ocorre do Pará até o Rio Grande do Sul. *Psychotria leiocarpa* pode se tornar dominante na Floresta Estacional Decidual, apresenta distília, no Brasil, ocorre desde a Bahia e Minas Gerais até o Rio Grande do Sul. *Psychotria myriantha* é encontrada em solos úmidos, na região de estudo é homostílica e sua área de ocorrência no Brasil é de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul (DELPRETE *et al.* 2005).

Amostragem

A partir de uma trilha pré-existente foram amostrados indivíduos encontrados a 2,5 m de cada lado da trilha, totalizando uma área de 1550m², respeitando-se uma distância mínima de 1 m entre dois indivíduos da mesma espécie. Eles foram marcados e acompanhados quinzenalmente de agosto de 2010 a agosto de 2011, totalizando 27 observações. Foram acompanhados 458 indivíduos de *P. leiocarpa*, 244 de *P. myriantha* e 94 de *P. carthagenensis*, totalizando 795 indivíduos.

O material testemunho foi depositado no Herbário do Departamento de Biologia (SMDB - UFSM): *Psychotria myriantha* SMDB 13.451; *Psychotria leiocarpa* SMDB 13.452 e *Psychotria carthagenensis* SMDB 13.453.

Fenologia

Os estádios avaliados foram vegetativos e reprodutivos. O estágio vegetativo foi dividido nas fenofases de brotamento e queda foliar. O brotamento foi caracterizado pelo aparecimento de brotos foliares até expansão das novas folhas, marcadas pela mudança na coloração de verde claro para uma tonalidade mais escura. A fenofase de queda foliar foi considerada quando as folhas caíam com facilidade ou mudavam de cor tornando-se opacas, escuras ou amareladas. No estágio reprodutivo foram observadas as fenofases de floração, incluído botão e antese, e frutificação. Já na frutificação, foram considerados tanto frutos imaturos quanto frutos maduros – quando aptos para a dispersão, com coloração preta, roxa, ou vermelha de acordo com cada espécie (SANMARTIN-GAJARDO & MORELLATO, 2003a).

Para a avaliação das fenofases, foram utilizadas duas metodologias: uma qualitativa, o Índice de Atividade, e outra quantitativa, a escala de Fournier, apenas para as fenofases reprodutivas. O Índice de Atividade consiste no registro de presença ou ausência de determinada fenofase, e indica a porcentagem de indivíduos da população que apresenta o evento fenológico (BENCKE & MORELLATO, 2002). O método da escala de Fournier permite quantificar a fenofase utilizando uma escala de 0 a 4, onde: 0, é a ausência da fenofase; 1, presença da fenofase com magnitude de 1% a 25%; 2 entre 26% e 50%; 3 entre 51% e 75% e 4 entre 76% e 100% (FOURNIER, 1974). A Intensidade de Fournier foi calculada através da soma das categorias de Fournier dos indivíduos que apresentam a fenofase dividido pelo máximo de Fournier que pode ser alcançado por todos os indivíduos amostrados, multiplicado por 100.

A relação dos eventos fenológicos e fatores abióticos foram correlacionados utilizando a correlação de Spearman (r_s). Os dados meteorológicos de temperatura, e precipitação coletados pela Estação Meteorológica do Departamento de Fitotecnia da UFSM foram obtidos através do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O comprimento do dia foi calculado pela fórmula $N=2hn/15$, em que N é o comprimento do dia, e hn o ângulo do horário ao nascer do sol. Por sua vez $hn= \text{acos}[-\tan(\vartheta)\tan(\delta)]$, onde ϑ é a latitude do local e δ é a declinação solar. A declinação solar é calculada por $\delta=23,45\text{sen}[360/365(284 + \text{NDA})]$ em que NDA é o número de dias do ano. Para temperatura e comprimento do dia a correlação

foi feita entre as fenofases e a média dos quinze dias anteriores à observação das fenofases ($t = 0$) e com a média dos quinze dias anteriores a período $t = 0$, denominado $t = 1$. Em relação à precipitação, será considerado o acúmulo de chuva durante os períodos $t = 0$ e $t = 1$. As análises foram feitas utilizando o software Statistic versão 6.0.

RESULTADOS

Durante o ano de estudo de agosto de 2010 a agosto de 2011, a temperatura média anual foi de $19,31^{\circ}\text{C}$, as médias mensais extremas de temperatura ocorreram em julho, $13,6^{\circ}\text{C}$ e em janeiro, $25,4^{\circ}\text{C}$. A pluviosidade total foi de 1702 mm, sendo o mês de setembro com maior precipitação e outubro com o menor valor. O comportamento meteorológico do ano de estudo pode ser observado na figura 1. Na figura 2 está representada a variação do comprimento do dia para a latitude de Santa Maria.

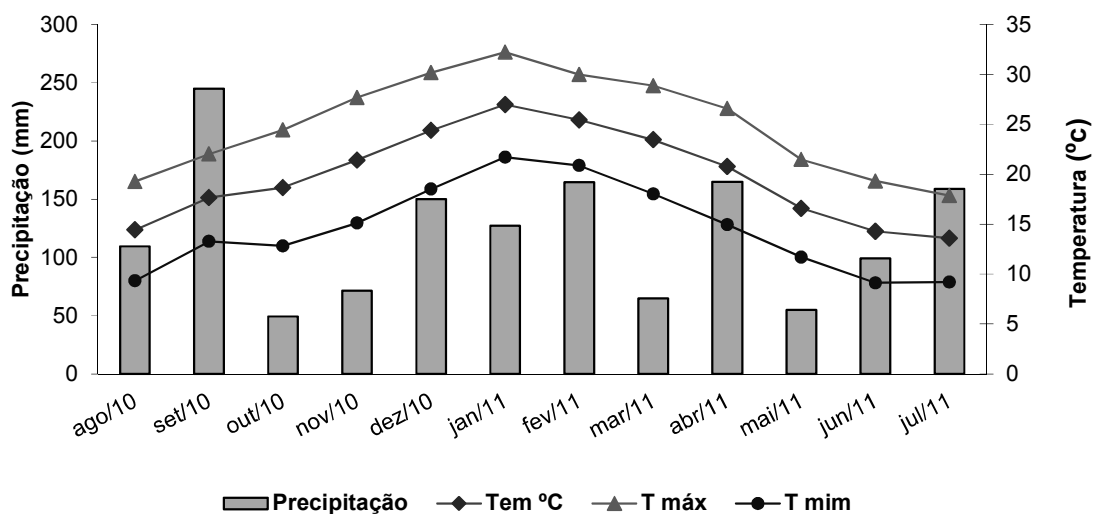


Figura 1 – Variação das médias mensais de temperatura média (T med), temperatura máxima (T max), temperatura mínima (T min) e precipitação mensal acumulada para Santa Maria - RS no período de agosto de 2010 a julho de 2011.

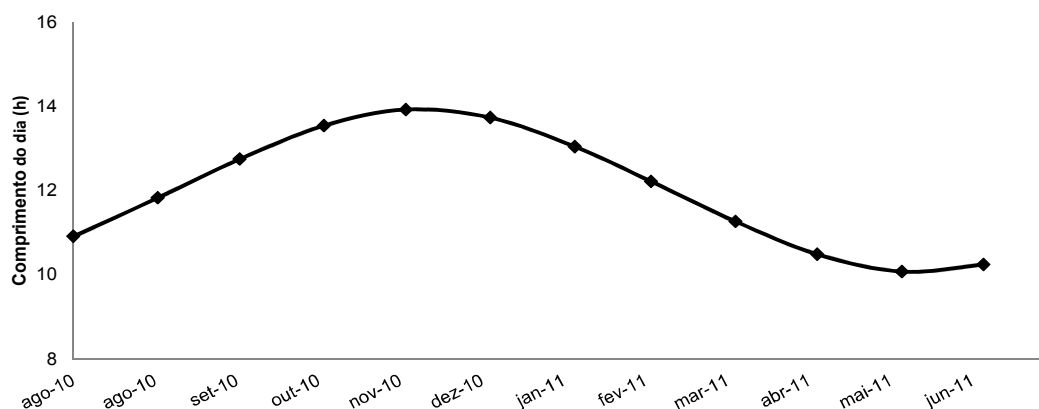


Figura 2 – Variação do comprimento do dia em horas durante o ano para a altitude de 29°38'S.

Fenologia Vegetativa

A fenofase de queda foliar ocorreu durante todo o ano com índices superiores a 20%, exceto na segunda quinzena de dezembro, quando ocorreu o menor índice de queda (10,7%). Houve vários picos de queda foliar, em setembro e novembro (49%), e em janeiro (53,2%). Vale ressaltar que os índices se mantiveram acima de 50% depois do início de março (Figura 3). Tratando das espécies individualmente, *P. leiocarpa* atingiu índices de atividade superiores a 30% na maioria das observações, com vários picos: setembro, novembro e janeiro. A partir de março até agosto de 2011 a queda foi constante, com índices em torno de 80% (Figura 4). Os valores em *P. carthagenensis* e *P. myriantha* não alcançaram índices de atividade tão elevados. Os máximos ocorreram em agosto de 2010, alcançando 26% para *P. carthagenensis* e 38% para *P. myriantha*, como pode ser observado na figura 4. As correlações significativas entre dos fatores abióticos e a fenofase de queda foliar podem ser observadas na tabela 1.

Em *P. myriantha* a queda foliar se restringe a poucas folhas, sendo que alguns dos indivíduos observados não apresentaram queda durante o ano de acompanhamento. Deve-se ressaltar também que no período de estudo foi observado em *P. carthagenensis* a ocorrência de herbivoria por larvas de Lepidópteros e outros insetos em todos os indivíduos amostrados, assim como, a formação de galhas nas gemas apicais de alguns indivíduos (15%).

A fenofase de brotamento ocorreu durante todo o ano no conjunto das espécies, com maior intensidade nos meses de setembro e outubro quando 99% dos indivíduos apresentaram a fenofase (Figura 3). O pico de brotamento das três espécies coincidiu e ocorreu entre agosto e novembro: *P. carthagenensis* (86%), *P. myriantha* (99%) e *P. leiocarpa* (99%). Os menores valores de brotamento também coincidiram para as três espécies com índices menores de 17%

em dezembro (Figura 4). As correlações significativas entre dos fatores abióticos e a fenofase de brotamento podem ser observadas na tabela 1.

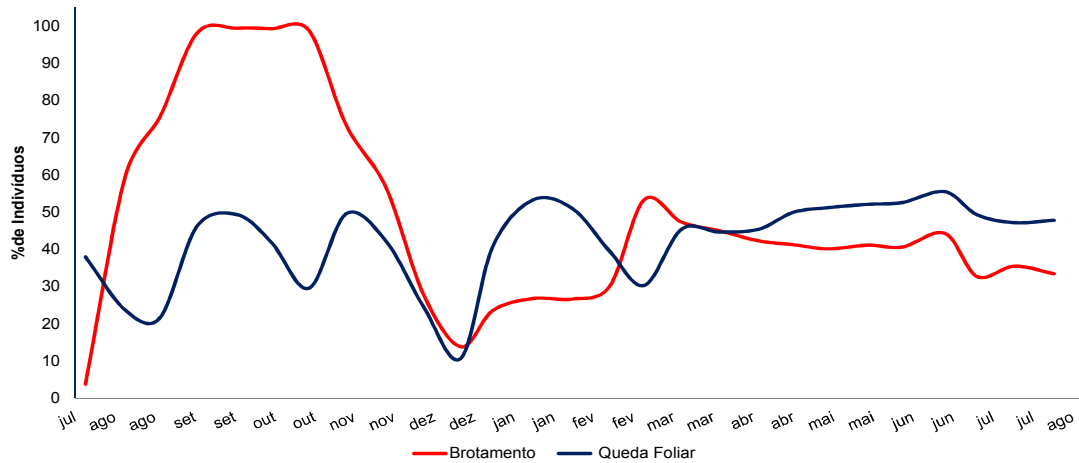


Figura 3 – Porcentagem de indivíduos das três espécies de *Psychotria* acompanhadas em relação às fenofases de brotamento e de queda foliar, no período de agosto de 2010 a agosto de 2011.

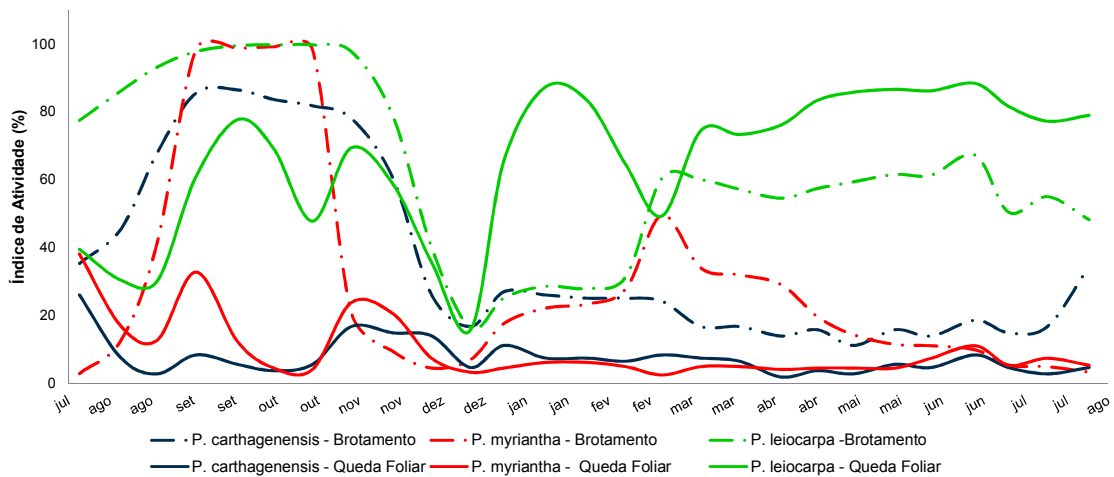


Figura 4 – Índice de Atividade das espécies de *Psychotria carthagenensis*, *Psychotria myriantha* e *Psychotria leiocarpa* para as fenofases de brotamento e queda foliar, no período de agosto de 2010 a agosto de 2011.

Fenologia Reprodutiva

É importante ressaltar que dos indivíduos amostrados cerca de 30% dos indivíduos de *P. myriantha* e 63% dos de *P. carthagenensis* apresentaram apenas estádios vegetativos.

Tabela 1 – Valores significativos da correlação de Serman (r_s) entre os fatores abióticos de temperatura e comprimento do dia e as fenofases de: brotamento (Brot); queda foliar (Que); botão (Bo); antese (Ant); fruto imaturo (Fima); fruto maduro (Fmad), para as espécies *Psychotria carthagenensis* (Pc), *Psychotria myriantha* (Pm), *Psychotria leiocarpa* (Pl) e as três espécies juntas (Todas) no tempo zero (0) e no tempo um (1).

| | Espécie | Temperatura (°C) | | Comprimento do dia (h) | |
|-------------|---------|------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Brot | Pc | ---- | ---- | ---- | ---- |
| | Pm | ---- | ---- | ---- | ---- |
| | Pl | -0,476* (0) | -0,5196** (1) | ---- | ---- |
| | Todas | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Que | Pc | ---- | ---- | 0,3896* (0) | ---- |
| | Pm | -0,4097* (0) | -0,4447* (1) | ---- | ---- |
| | Pl | ---- | ---- | -0,4458* (0) | ---- |
| | Todas | ---- | ---- | -0,4132* (0) | ---- |
| Bot | Pc | ---- | ---- | 0,6444** (0) | 0,4845* (1) |
| | Pm | ---- | ---- | ---- | ---- |
| | Pl | -0,4779* (1) | ---- | ---- | ---- |
| | Todas | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Ant | Pc | 0,4482* (1) | ---- | 0,7336*** (0) | 0,6495** (1) |
| | Pm | ---- | ---- | ---- | ---- |
| | Pl | ---- | ---- | ---- | ---- |
| | Todas | ---- | ---- | ---- | ---- |
| FIma | Pc | 0,5242** (0) | 0,6417** (1) | ---- | ---- |
| | Pm | 0,5109* (1) | ---- | ---- | ---- |
| | Pl | 0,4992* (0) | 0,6319** (1) | ---- | ---- |
| | Todas | 0,4519* (0) | 0,6051** (1) | ---- | ---- |
| FMad | Pc | -0,6329** (0) | -0,503* (1) | -0,8893*** (0) | -0,7994*** (1) |
| | Pm | -0,4626* (0) | ---- | -0,8388*** (0) | -0,6942*** (1) |
| | Pl | -0,7165*** (0) | -0,5660** (1) | -0,9301*** (0) | -0,8643*** (1) |
| | Todas | -0,4458* (0) | -0,5194** (1) | -0,9284*** (0) | -0,8488*** (1) |

* $p < 0,05$; ** $p < 0,005$; *** $p < 0,000$

A emissão de botões iniciou durante os meses de agosto e setembro perdurando até janeiro no conjunto dos indivíduos (Figura 5). Essa fenofase foi simultânea ao evento de brotamento (Figura 3 e 4). De outubro a dezembro foram observados os maiores valores de Índice de Atividade (80%), e novembro a maior Intensidade de Fournier (61,2%). *Psychotria leiocarpa* e *P. carthagenensis* apresentaram maiores Índices de Atividade (97% e 27%, respectivamente) de setembro a dezembro, e Intensidade de Fournier de respectivamente 77,5% e 19% em dezembro (Figura 6 e 7). *Psychotria myriantha* também produziu botões no mesmo período, contudo seu pico foi um pouco posterior ao das outras espécies (Índice de Atividade 66,8% e Intensidade de Fournier de 47,6%). As correlações significativas entre os fatores abióticos e a fenofase de botão podem ser observadas na tabela 1.

Considerando os indivíduos das três espécies, a antese ocorreu durante todo o ano com maior intensidade entre os meses de outubro e janeiro. Os picos de Índice da Atividade e de Intensidade de Fournier ocorreram em dezembro de 2010 com valores respectivos de 61% e 25,4%, (Figura 5). A presença de flores em *P. leiocarpa* ocorreu em todo o período de acompanhamento, entretanto a floração expressiva foi observada entre setembro a janeiro com pico em dezembro (Índice de Atividade de 84,7% e Fournier de 37,3%). Em *P. carthagenensis* o pico de intensidade de antese foi em dezembro com 19,5% e Fournier de apenas 8,3%, com um único evento de floração (Figura 6 e 7). *Psychotria myriantha* apresentou flores na maioria das observações, mas o pico de antese ocorreu em janeiro, com 65,2% dos indivíduos apresentando a fenofase e Intensidade de Fournier de 25,1% (Figura 8 e 9). As correlações significativas entre os fatores abióticos e a antese podem ser observadas na tabela 1.

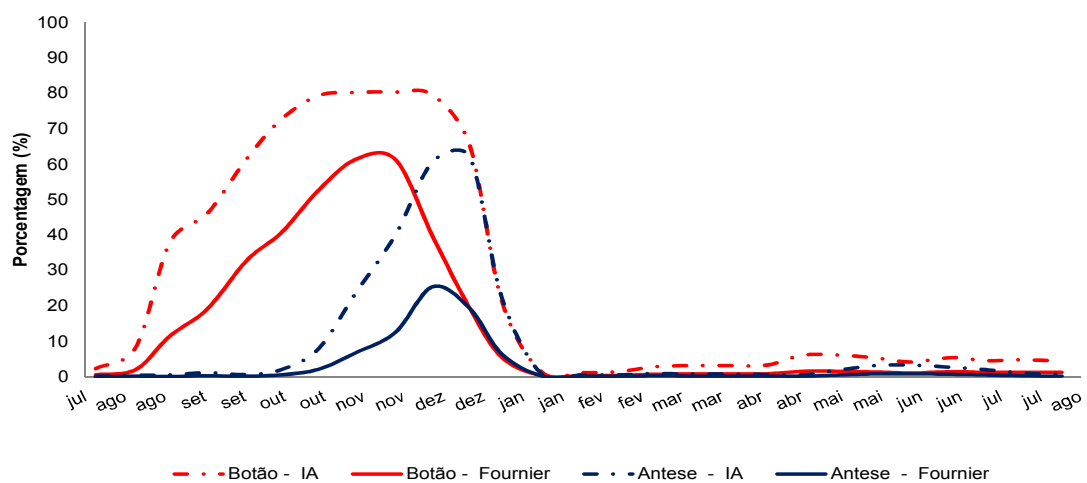


Figura 5 – Índice de atividade (IA) e Intensidade de Fournier para as espécies de *Psychotria* acompanhadas em relação às fenofases de botão e antese, no período de agosto de 2010 a agosto de 2011.

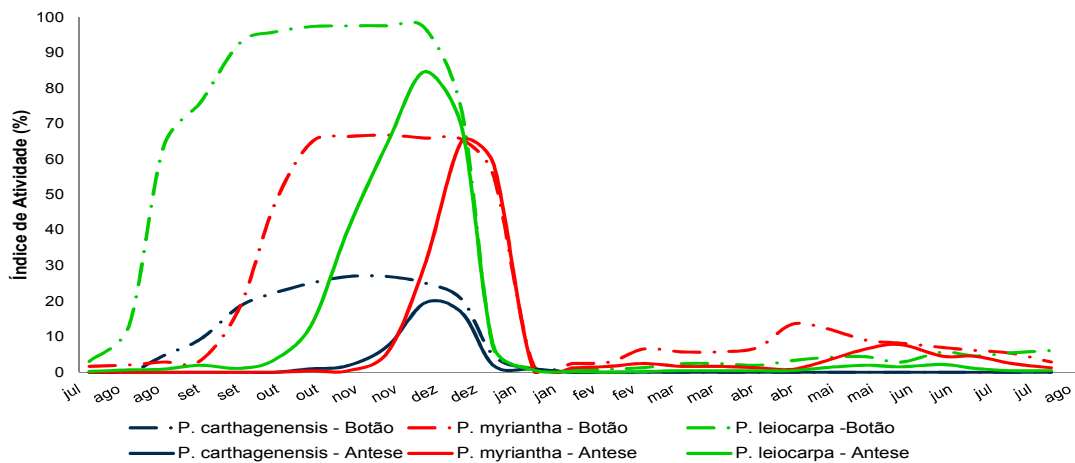


Figura 6 – Índice de atividade das espécies de *Psychotria carthagenensis*, *Psychotria myriantha* e *Psychotria leiocarpa* para as fenofases de botão e antese, no período de agosto de 2010 a agosto de 2011.

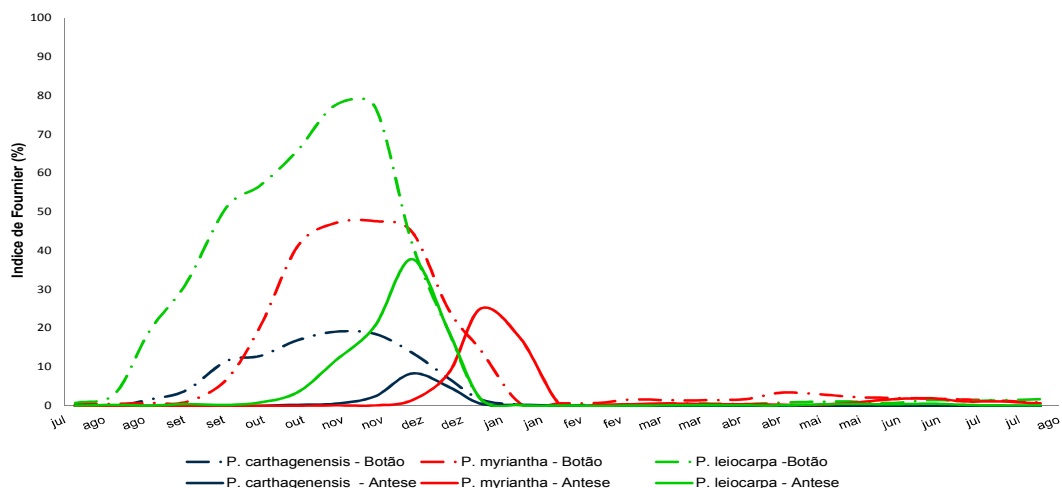


Figura 7 – Intensidade de Fournier das espécies de *Psychotria carthagenensis*, *Psychotria myriantha* e *Psychotria leiocarpa* para as fenofases de botão e antese, no período de agosto de 2010 a agosto de 2011.

Os frutos imaturos foram observados no decorrer de todo o ano em *P. leiocarpa* e em *P. myriantha* (Figura 9 e 10). O máximo de frutos imaturos para todos os indivíduos acompanhados ocorreu de janeiro a maio, com Índice de Atividade em torno de 70%, enquanto os máximos de Intensidade de Fournier ocorreram em janeiro e fevereiro com índices em torno de 55% (Figura 8). *Psychotria leiocarpa* apresentou o máximo de indivíduos nesta fenofase entre janeiro e junho, com Índice de Atividade entorno de 95%, e Intensidade

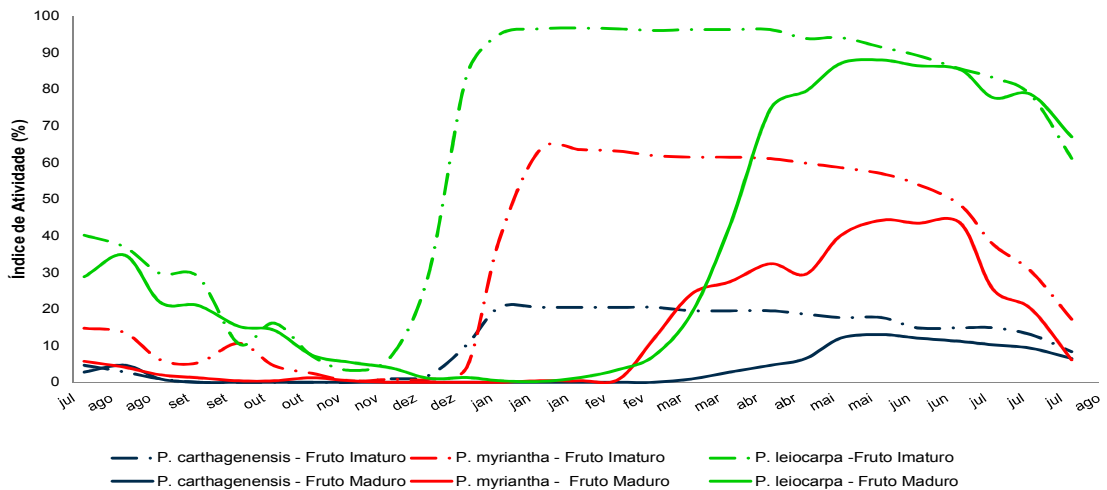


Figura 9 – Índice de atividade das espécies de *Psychotria carthagenensis*, *Psychotria myriantha* e *Psychotria leiocarpa* para as fenofases de fruto imaturo e fruto maduro, no período de agosto de 2010 a agosto de 2011.

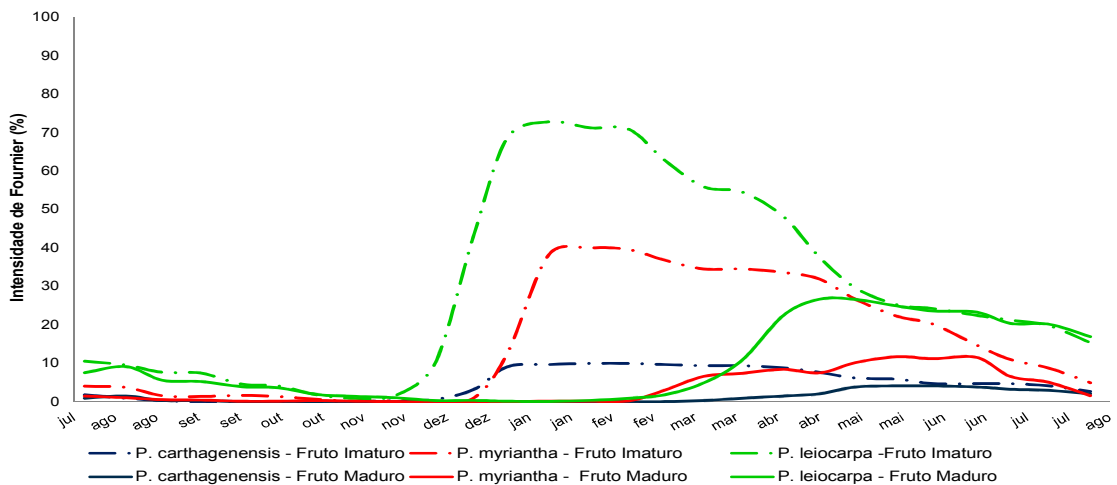


Figura 10 – Intensidade de Fournier das espécies de *Psychotria carthagenensis*, *Psychotria myriantha* e *Psychotria leiocarpa* para as fenofases de fruto imaturo e fruto maduro, no período de agosto de 2010 a agosto de 2011.

Para as três espécies o maior índice de frutos maduros ocorreu em maio de 2011. *P. leiocarpa*, *P. carthagenensis* e *P. myriantha* apresentaram Índice de Atividade de, respectivamente, 88,6%, 13% e 44,3% e Índice de Fournier de, respectivamente, 26,6%, 4,1% e 11,7% (Figura 9 e 10). Na tabela 1 podem ser observadas as correlações significativas entre a fenofase de fruto maduro e os fatores abióticos.

DISCUSSÃO

Nas espécies de *Psychotria* abordadas, a queda foliar foi contínua, apresentando picos em diferentes épocas do ano. Contudo, observaram-se menores oscilações e Índices de Atividade superiores a 50% nos meses de outono e inverno. O padrão contínuo parece comum em sub-bosque de floresta tropical úmida e aparentemente acompanha o padrão da formação florestal (OPLER *et al.* 1980; KOPTUR *et al.*, 1988; SAN MARTIN-GAJARDO & MORELLATO, 2003a). Isto não ocorreu no presente estudo, pois os padrões de queda foliar do estrato arbóreo nas florestas de Santa Maria – RS ocorrem com máxima intensidade no fim do inverno (ATHAYDE *et al.* 2009; ALBERTI, 2002).

Lima (1986) sugere que a maior queda de folhas em *P. leiocarpa* no período de frutificação pode ser uma forma de proporcionar a melhor visualização dos frutos pelos dispersores, padrão que também é observado nesse trabalho. Em *P. carthagenensis* e *P. myriantha*, a queda foliar atingiu índice máximo em agosto, e pode ser considerada sazonal em sua ocorrência. Contudo, como é restrita a poucas folhas (observação pessoal), isto leva a crer que a regulação se dá por fatores endógenos ligados à manutenção de folhas fotossinteticamente ativas devido à baixa reposição e à presença de herbivoria.

A acentuada herbivoria e a presença de galhas em *P. carthagenensis* podem estar relacionadas à ausência de alguns metabólitos secundários (LEAL & ELISABETSKY, 1996; LOPES *et al.*, 2004), explicando a preferência dos herbívoros por essa espécie em detrimento das outras duas espécies de *Psychotria* que são mais abundantes na área de estudo. Consolaro (2004) também observou herbivoria em *P. carthagenensis*, relatando que em alguns momentos os indivíduos dessa espécie não apresentavam nenhuma folha, o que também ocorreu no presente estudo. O efeito da herbivoria foi estudado por Sagers e Coley (1995) que compararam o crescimento e reprodução de *P. horizontalis* Sw., exposta e protegida de herbívoros. Eles observaram que plantas expostas tiveram menor crescimento, menor produção de folhas e não floresceram, enquanto as plantas protegidas produziram flores. Assim, a herbivoria pode atuar reprimindo o desenvolvimento e a reprodução reduzindo a habilidade competitiva das plantas (SEVEGNONI, 2007).

O brotamento foi contínuo, contudo as três espécies apresentaram os maiores índices em setembro e outubro, época em que há aumento significativo da temperatura e do comprimento do dia. Os mesmos fatores foram relatados para rubiáceas de sub-bosque em floresta úmida por San Martin-Gajardo & Morellato (2003a), e em floresta com regime estacional de precipitação, em que além do aumento da temperatura e do comprimento do dia,

houve correlação com a época de maior precipitação para *P. nuda* Cham. & Schul. e *P. brasiliensis* Velloso (ALMEIDA & ALVES, 2000). Em florestas localizadas em ambientes sazonais de temperatura, as árvores também apresentaram esse padrão no Rio Grande do Sul (ATHAYDE *et al.*, 2009; ALBERTI, 2002 e MARCHIORETTO, *et al.*, 2007) e no Paraná (MARQUES & OLIVEIRA, 2004).

Psychotria leiocarpa apresenta vários picos nos índices de atividade de brotamento durante o ano. Isso se deve à emissão contínua de brotos que, segundo Lima (1986), surgem quando a planta sofre alguma lesão e é, também, uma forma de rejuvenescimento dos indivíduos.

Opler *et al.* (1980) encontrou, em uma floresta tropical com chuvas bem distribuídas, espécies brotando e perdendo folhas continuamente no sub-bosque. No presente estudo, apesar do padrão geral ser contínuo, há sazonalidade no brotamento (maior no início da primavera) e da queda um pouco mais evidente que nos períodos mais frios. Porém, não há espécies ou indivíduos totalmente decíduos, exceto indivíduos de *P. carthagenensis*, devido à herbivoria. Segundo Alberti (2002), a emissão de folhas é mais sazonal que a queda foliar. Na maioria das comunidades sazonais, o brotamento ocorre no final de um período restritivo, ou no início do período favorável, e geralmente está associado à floração (MORELLATO, 1992). Nas espécies de *Psychotria* estudadas, é observada essa relação de brotamento e de emissão de botões; assim, os fotossintatos produzidos pelas folhas novas são transferidos diretamente para o crescimento das inflorescências e utilizados no ciclo reprodutivo.

Como ocorreu na fenofase de brotamento, a emissão de botões se deu com o aumento da temperatura e do comprimento do dia para as três espécies. As espécies possuem florescimento anual, com a ocorrência de um grande evento por ano, e com duração intermediária – ou seja, as espécies florescem por um período de um a cinco meses (NEWSTRON *et al.*, 1994). O mesmo padrão de floração foi encontrado por Koptur *et al.* (1988) na Costa Rica para a maioria das espécies de *Psychotria* estudadas. No Brasil, esse padrão foi encontrado para espécies de *Psychotria* no Sudeste (ALMEIDA & ALVES, 2000; LOPES & BUZATO, 2005; PEREIRA *et al.*, 2006a; PEREIRA, 2007; VIRILLO *et al.*, 2007), no Centro-Oeste (SILVA, 2007), no Norte (SANTOS *et al.* 2008) e no Nordeste (TEIXEIRA & MACHADO, 2004). Contudo, também foram reportadas espécies com floração anual extensiva (NEWSTRON *et al.*, 1994) com duração superior a cinco meses no Sudeste (COELHO & BARBOSA, 2004; FONSECA *et al.*, 2008; SAN MARTIN-GAJARDO & MORELLATO, 2003 a e b).

Os estudos citados foram realizados em locais com pouca sazonalidade climática, ou

com estação seca definida, sendo que a maioria das espécies floresceram na transição entre a estação seca e úmida ou na estação úmida que, geralmente, também é a mais quente. Consolaro (2008) encontrou o mesmo padrão para as espécies distílicas da família Rubiaceae no bioma Cerrado, onde a floração ocorreu durante todo ano com maior concentração na estação quente e chuvosa no período de setembro a janeiro. A exceção foram às espécies observadas por Almeida & Alves (2000), que floresceram na estação seca.

Em relação ao comportamento fenológico das espécies aqui abordadas em outras regiões do país, Mikich & Silva (2001) observaram a floração durante a primavera e o verão para as três espécies. Quando a abordagem foi específica, *P. carthagenensis* apresentou floração semelhante na época de ocorrência e duração nos trabalhos realizados no Mato Grosso (FARIA, 2010), Mato Grosso do Sul (PEREIRA, 2007) e Minas Gerais (CONSOLARO *et al.*, 2011). Koch *et al.* (2010), também no Mato Grosso, observaram floração extensiva, com duração de 6 meses de junho a janeiro.

Pereira (2007) observou *P. leiocarpa* florescendo de outubro a janeiro no Mato Grosso do Sul. Lima (1986), no Rio de Janeiro, observou dois períodos de floração para *P. leiocarpa*: um, que considerou o principal, de outubro a janeiro (estação quente e úmida); e outro de maio a junho, com menor intensidade, restrito a poucos indivíduos com algumas inflorescências, semelhante ao encontrado nesse estudo.

Não foram encontrados trabalhos de acompanhamento fenológico de *P. myriantha*, assim os dados disponíveis são de trabalhos taxonômicos ou de levantamento de herbários. A época de ocorrência da floração foi semelhante, havendo variação da duração do evento: cinco meses para o estado de Santa Catarina (DELPRETE *et al.*, 2005), três meses para o Rio Grande do Sul (DILLENBURG & PORTO, 1985) e três meses para Minas Gerais (PEREIRA *et al.*, 2006b). Essa diferença na duração da fenofase de floração pode estar ligada ao esforço de coleta destes estudos, em que um maior número de material examinado aumenta a duração do evento, ressaltando a importância de realizar coletas sistemáticas para aumentar o acervo de herbários, proporcionando assim que dados de fenologia obtidos através deles sejam mais próximos aos encontrados em acompanhamentos fenológicos.

As espécies apresentaram sincronia interespecífica. A sincronia foi maior entre *P. cartagenensis* e *P. leiocarpa*, uma vez que houve sobreposição dos picos de floração. Apesar de *P. myriantha* apresentar flores concomitantemente com as outras duas espécies de *Psychotria*, seu pico de floração ocorreu quinze dias mais tarde, ficando evidente na análise dos dados da Intensidade de Fournier. Esse fato pode ser um indício de segregação do período de floração entre as três espécies e a mudança de um padrão de floração sincrônico para um

sequencial. Em espécies deste gênero, que são simpátricas, a floração sequencial é frequente (ALMEIDA & ALVES, 2000; SILVA, 2007; PEREIRA *et al.*, 2006a; PEREIRA, 2007). Os autores ressaltam que a razão da floração sequencial pode ser a atração ou a fuga da competição por polinizadores. De fato, *P. myriantha* compartilha todos os visitantes florais com as outras duas espécies de *Psychotria*, mas o mesmo não ocorre com *P. cartagenensis* e com *P. leiocarpa*, que compartilham apenas alguns visitantes (para mais detalhes, ver Capítulo 2).

A polinização é o fator biótico que mais atua na fenologia da floração (NEWSTRON *et al.*, 1994), mas pode não ser o principal fator que define a época de ocorrência da fenofase. Segundo Elzinga *et al.* (2007), os polinizadores tendem a ter mais influência na seleção do pico de floração que no período de floração. Essa pode ser a explicação para a diferenciação do pico de floração em *P. myriantha*. No entanto, é necessário o acompanhamento por períodos maiores e observações de polinizadores efetivos para afirmar que a competição por polinizadores levou a segregação do período de antese de *P. myriantha* em relação às outras espécies simpátricas de *Psychotria*.

A sincronia também foi observada entre os indivíduos da mesma espécie com altos Índices de Atividade. Apesar de não ter atingido grandes valores de Índice de Atividade, os indivíduos de *P. carthagenensis* tiveram floração sincrônica, pois todos apresentaram flores no mesmo período. A sincronia intraespecífica é esperada, pois indivíduos que florescem sincronicamente atraem mais polinizadores que quando florescem individualmente (RATHCKE, 1988; AUGSPURGER, 1983; ELZINGA 2007), aumentando a chance de polinizações cruzadas.

O florescimento e a polinização são intimamente relacionados, pois o período de florescimento afeta a dinâmica das populações dos polinizadores, enquanto a atividade dos polinizadores afeta o sistema e o sucesso reprodutivo das plantas (NEWSTRON *et al.*, 1994). Assim, a época de atividade dos polinizadores pode influenciar/selecionar o período de floração das plantas. Kress & Beach (1994) afirmam que os polinizadores mais comuns no sub-bosque de florestas tropicais são as abelhas, e que espécies da família Rubiaceae são polinizadas por abelhas, vespas, borboletas, mariposas e beija-flores. As abelhas foram os principais visitantes florais das espécies de *Psychotria* abordadas nesse estudo (ver Capítulo 2). Em ambientes com sazonalidade de temperatura a atividade das abelhas é mais intensa durante a primavera e o verão, decrescendo durante o inverno (ALMEIDA & LAROCA, 2007). Portanto, a época de florescimento das espécies de *Psychotria* é no mesmo período em que a atividade dos polinizadores aumenta.

Os maiores índices de floração do componente arbóreo da Floresta Estacional Decidual na região de Santa Maria também foram concomitantes ao brotamento entre o período de setembro a janeiro (ATHAYDE, 2009; ALBERTI, 2002). Opler *et al.* (1980) afirma que a floração no dossel é mais sazonal que a do sub-bosque, padrão que não foi encontrado na região de estudo, pois os picos de floração do componente arbóreo (ATHAYDE, 2009; ALBERTI, 2002) e dos principais componentes do sub-bosque, como aqui observado, ocorrem no mesmo período. Assim parece provável que os fatores climáticos sejam mais influentes na promoção periódica do evento de floração que fatores bióticos, como a competição por polinizadores.

Os frutos imaturos se desenvolveram logo após a polinização das flores: as primeiras observações foram em dezembro, o ápice de frutos imaturos ocorreu em janeiro. Os frutos maduros começaram a surgir no fim de fevereiro e início de março com maturação efetiva durante os meses de outono e início do inverno. Esse comportamento também foi encontrado para as três espécies por Mikich & Silva (2001) em floresta semidescídua no Paraná. O observado em *P. carthagenensis* foi semelhante ao encontrado em Minas Gerais (CONSOLARO, 2004), e diferente do observado no Mato Grosso do Sul, em que a frutificação foi mais longa de setembro a junho (PEREIRA, 2007). Lima (1986), no Rio de Janeiro, observou que a frutificação em *P. leiocarpa* ocorreu durante todo o ano, de forma mais intensa de abril a setembro, diferindo do encontrado no Mato Grosso do Sul, em que a frutificação ocorreu de novembro a abril (PEREIRA, 2007). A frutificação de *P. myriantha*, a partir dos trabalhos taxonômicos, foi semelhante no período de ocorrência, mas com duração menor em: Santa Catarina (DELPRETE *et al.* 2005), Rio Grande do Sul (DILLENBURG & PORTO, 1985) e Minas Gerais (PEREIRA *et al.*, 2006b).

O rápido desenvolvimento dos frutos, a longa duração da fenofase de frutos imaturos, com maturação gradual e por longos períodos é comum em espécies de *Psychotria* (ALMEIDA & ALVES, 2000; SAN MARTIN-GAJARDO & MORELLATO, 2003 a e b; LOPES & BUZATO, 2005; SILVA, 2007; FONSECA *et al.*, 2008). Contudo, Poulin *et al.* (1999) observou frutificação agregada para 19 espécies de *Psychotria* no Panamá, demonstrando que a duração da frutificação dentro do gênero é variável. Consolaro (2008) afirma que a frutificação das espécies de Rubiaceae encontradas no cerrado ocorre o ano todo com maior intensidade na estação seca de fevereiro a maio. O autor relaciona a época de frutificação com a data de emergência das sementes nas primeiras chuvas. De fato, Morellato e Leitão-Filho (1992) afirmam que a fenologia da frutificação pode estar relacionada com a época de germinação das sementes. No caso das espécies de *Psychotria*, a frutificação no

outono-inverno pode relacionar-se com a germinação das sementes e desenvolvimento das plantas durante a primavera e o verão, como relatado por Marques & Oliveira (2008) para espécies zoocóricas de sub-bosque.

Pode-se afirmar que a conversão de flores em frutos foi efetiva, pois os índices de Fournier de botões florais e de frutos imaturos foram próximos. Assim, o sucesso reprodutivo das três espécies pode ser considerado alto. A comparação foi feita entre botões e frutos imaturos por eles representarem o máximo de produção nas fenofases de floração e frutificação, pois as fenofases antese e fruto maduro não são cumulativas e se estendem por longos períodos.

As três espécies abordadas apresentam frutos maduros no mesmo período, e sincronicamente em relação aos indivíduos, porém com pouca intensidade (ver intensidades de Fournier), o que ressalta a frutificação gradual. A frutificação sincrônica pode ser uma forma de atrair dispersores (LIMA, 1986; ALMEIDA *et al.* 2006) ou também uma forma de defesa de predadores (ALMEIDA & ALVES, 2000). O desenvolvimento tardio dos frutos em *P. leiocarpa* pode ser uma complementação para as estratégias acima mencionadas. Outro fator que pode contribuir com a frutificação gradual é a atratividade dos frutos maduros no ápice dos ramos: roxo em *P. leiocarpa*; vermelho em *P. carthagenensis*; e preto em *P. myriantha*, facilitando a visualização pelos dispersores.

Há relação entre a síndrome de dispersão dos diásporos e o período de frutificação. Plantas com dispersão zoocórica possuem um padrão contínuo de frutificação em nível de comunidade, ou concentrado no fim da estação úmida (MORELLATO & LEITÃO-FILHO, 1992; VAN SCHAIK *et al.*, 1993; ALBERTI, 2002; SAN MARTIN-GAJARDO & MORELLATO, 2003a). No Rio Grande do Sul, as espécies arbóreas com síndrome de dispersão zoocóricas têm frutificação contínua, porém os picos de frutificação ocorrem entre outubro e dezembro (ALBERTI, 2002; PAISE & VIERA, 2005; MARCHIORETTO, *et al.*, 2007; ATHAYDE *et al.*, 2009). A partir desta comparação, é possível verificar que o padrão de frutificação do conjunto das árvores zoocóricas difere no período de ocorrência da frutificação das espécies de *Psychotria*.

O pico de frutificação das árvores zoocóricas ocorre na época do período reprodutivo para a maioria dos pássaros frugívoros (SICK, 1997). Frutificar no período reprodutivo dos pássaros frugívoros é considerado eficiente, pois nesta época há uma grande demanda por alimento e assim um alto consumo dos frutos (MORELLATO, 1992; ALMEIDA & ALVES, 2000). Entretanto, o que poderia parecer desvantajoso para as espécies de *Psychotria* pode ser interessante, pois os pássaros tendem a buscar alimentos próximo aos leques na época de

reprodução, enquanto na época não reprodutiva eles percorrem distâncias maiores para buscar alimento (POULIN *et al.*, 1999), aumentando, assim, as chances de levar os diásporos a locais mais distantes da planta mãe. O mesmo autor salienta que plantas com frutificação contínua ou extensa são mais benéficas para espécies residentes, pois fornecem alimento por longos períodos.

Vários autores salientam a importância dos frutos das espécies do gênero *Psychotria* como fonte de alimento para aves (LIMA, 1986; POULIN *et al.*, 1999; MIKICH, 2002; ALMEIDA *et al.* 2006; DELLA FLORA, 2010). Della Flora (2010) afirma que as espécies de *Psychotria* foram o principal alimento de *Chiroxiphia caudata* no período não-reprodutivo na floresta Estacional Decidual em Santa Maria. Assim, as espécies estudadas são de fundamental importância para a manutenção da fauna de frugívoros residentes, pois fornecem alimento em épocas desfavoráveis, reafirmando a proposição de Ramirez (2002), de que os padrões fenológicos diferenciais de floração e de frutificação entre as formas de vida melhoraram a distribuição de recursos para polinizadores e dispersores.

Segundo Wright & Calderon (1995), as espécies de uma família em um mesmo tipo florestal apresentam padrões fenológicos semelhantes. Na floresta Estacional Decidual localizada em Santa Maria, há apenas duas espécies de Rubiaceae arbóreas com dados fenológicos disponíveis: *Chomelia obtusa* Cham. & Schltdl. (ATHAYDE *et al.*, 2009; ALBERTI, 2002) e *Guettarda uruguensis* Cham. & Schltdl. (ATHAYDE *et al.*, 2009). As fenofases de brotamento e de floração das duas espécies coincidiram com o que foi encontrado para os arbustos observados nesse estudo. Entretanto, a frutificação de *G. uruguensis* é mais semelhante ao encontrado para as espécies de *Psychotria*, diferindo do padrão das árvores zoocóricas que frutificam, em sua maioria, no verão, incluindo *C. obtusa*. Os dados disponíveis não permitem uma afirmação clara sobre a semelhança dos padrões fenológicos das espécies da família Rubiaceae na Floresta Estacional Decidual, pois *C. obtusa* se comporta como a maioria do estrato arbóreo e *G. uruguensis* é mais semelhante ao encontrado para as espécies de *Psychotria* do sub-bosque.

Em relação ao gênero *Psychotria*, as espécies estudadas apresentaram semelhanças entre as épocas de ocorrência das fenofases, com populações das mesmas espécies e de outras espécies do gênero de outros locais do país. Essa similaridade pode ser resultado de dois fatores: os ritmos fenológicos são mantidos por fatores genéticos rígidos que não possibilitam a variação no período de ocorrência da fenofase; ou, a mais provável, a sazonalidade de temperatura (invernos frios e verões quentes) e a disponibilidade de água (invernos secos e verões úmidos) representam a substituição do fator limitante, que ocorre em uma mesma

época do ano, levando ao desencadeamento das mesmas fenofases em um mesmo período. Assim, mais estudos são necessários para que se possa compreender o comportamento fenológico deste gênero com ampla distribuição.

Não foi observada correlação entre a precipitação do ano de estudo e qualquer das fenofases. Esse comportamento era esperado para ambientes sem uma estação seca definida e com chuvas bem distribuídas durante o ano (MORELLATO *et al.*, 2000). As fenofases de brotamento, botões e antese, apesar de terem maior intensidade nos meses da primavera e início do verão, não apresentaram correlações com a temperatura e comprimento do dia, como ocorre para a comunidade arbórea para a mesma região (ALBERTI, 2002; ATHAYDE *et al.* 2009) ou no Paraná (MARQUES & OLIVEIRA, 2004), onde esses fatores regulam a sazonalidade do período. Explicações para esses comportamentos podem estar relacionados com fatores microclimáticos do sub-bosque (SAN MARTIN-GAJARDO & MORELLATO, 2003a) ou o período de produção dos meristemas florais que podem ser estimulados à diferenciação por fatores climáticos de 4 a 5 meses anteriores a observação da fenofase (MARQUES & OLIVEIRA, 2004; PIÑA-RODRIGUES & FREIRE, 2007). *Psychotria carthagenensis* foi a única das três espécies que apresentou correlações realmente significativas entre o comprimento do dia, botões e antese. Esse resultado pode ser explicado pelo único evento de floração desta espécie.

A frutificação obteve os maiores valores de correlação com o comprimento do dia e a temperatura, mas também difere dos padrões encontrados para as árvores da região. As correlações para as arbóreas são positivas para frutos imaturos e maduros (ALBERTI, 2002; ATHAYDE *et al.* 2009), diferindo do encontrado no presente estudo, em que as correlações foram positivas para frutos imaturos (temperatura) e negativas para frutos maduros (temperatura e comprimento do dia). Morellato *et al.* (2000) encontraram correlações negativas com a temperatura, comprimento do dia e precipitação. Resultados semelhantes para frutificação foram encontrados por San Martin-Gajardo & Morellato (2003a) para algumas espécies de *Psychotria*.

A importância da luz é ressaltada por Van Schaik *et al.* (1993) e Hamann (2004), ao afirmarem que em ambientes onde não há déficit hídrico a disponibilidade de luz é o fator limitante na ocorrência de eventos fenológicos de brotamento e floração, pois assim eles ocorrem durante a época de maior irradiância solar. Segundo os mesmos autores, em florestas equatoriais úmidas a sazonalidade dos eventos de brotamento e floração ocorre nos períodos de menores precipitações, época em que a irradiação total é maior devido ao não bloqueio da luz pelas nuvens de chuva. Nas regiões subtropicais a influencia da luz na sazonalidade é

evidente, sendo o principal fator que influencia a sazonalidade da temperatura em latitudes maiores. Assim, diferentemente da precipitação que tem sua distribuição sazonal influenciada por muitos fatores, a temperatura é principalmente influenciada pela variação do comprimento do dia.

Em relação ao clima, deve-se levar em conta alguns fatores que raramente são abordados em estudos fenológicos. Em Santa Maria, os maiores valores correspondentes ao comprimento dos dias e, conseqüentemente, das temperaturas ocorrem entre os meses de setembro e março (primavera e verão) o que está de acordo com o argumento levantado por Schaik (1993), pois a maioria das plantas brota e floresce nessa época, como observado no presente estudo, por Athayde *et al.* (2009) e Alberti (2002). Apesar da região não ter uma estação seca definida períodos de déficit hídrico, podem ser comuns no verão, devido a precipitações irregulares e elevados níveis de evapotranspiração provocados pelas altas temperaturas e pelos dias mais longos (Galileo Buriol e Evandro Righ, comunicação pessoal). Assim, mesmo o inverno tendo uma menor precipitação, como observado por Alberti (2002), é provável que não ocorra déficit hídrico nos meses mais frios e com menor comprimento do dia devido à menor precipitação.

Esse possível déficit hídrico no verão pode explicar o aumento da queda de folhas, queda de frutos e murcha, principalmente em indivíduos de *P. leiocarpa* próximos à borda da floresta. Também explica o posterior aumento do brotamento em *P. leiocarpa* e *P. myriantha*, assim como os eventos de floração atípicos. Pois, segundo Bergamaschi (2007) o déficit hídrico reduz o crescimento das plantas e provoca queda de folhas, flores e frutos e pode estimular o início de um novo ciclo reprodutivo ao fim do período de estresse. Essa é uma possível explicação para os eventos observados nesse estudo e remetem a importância de se levar em consideração fatores como evapotranspiração em estudos de fenologia.

CONCLUSÃO

As três espécies de *Psychoria* abordadas possuem sincronia intraespecífica para todas as fenofases. A queda foliar foi mais expressiva em *P. leiocarpa*, nos meses de outono e inverno. Nas outras espécies se restringiu a poucas folhas. O brotamento foi sincrônico e ocorreu na primavera, seguido da emissão de botões.

A floração foi considerada tipo anual intermediária para as três espécies, na primavera e no verão. Houve maior sincronia entre *P. leiocarpa* e *P. carthagenensis*, ao passo em que *P.*

myriantha possui um pequeno atraso no pico de floração em relação às outras espécies, sugerindo a mudança de um padrão de floração sincrônico para um sequencial. A frutificação é sincrônica, e a maturação dos frutos é gradual e de longa duração durante o outono e inverno, ofertando frutos para frugívoros por longos períodos e em épocas que as espécies arbóreas zoocóricas não estão frutificando.

A precipitação não se correlacionou com nenhuma das fenofases. As maiores correlações foram obtidas para frutos imaturos com a temperatura e frutos maduros com a temperatura e comprimento do dia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTI, L. F. **Fenologia de uma Comunidade Arbórea em Santa Maria-RS**. 2002. 160f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, 2002.

ALMEIDA, E. M.; ALVES, M. A. S. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica do sudeste do Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v.14, p. 335-346, 2000.

ALMEIDA, E. M. *et al.* Potential bird dispersers of *Psychotria* in a area of Atlantic forest on Ilha Grande, RJ, Southeastern Brazil: a biochemical analysis of the fruits. *Brazilian Journal of Biology*, v. 66, n.1, p. 1-8, 2006.

ALMEIDA, M. C.; LAROCCA, S. Abelhas silvestres de áreas restritas: abundância relativa, fenologia e padrões espaçotemporais. In: Rego, G.M., Negrelle, R.B.; Morellato, L.P.C.. (Org.). **Fenologia como Ferramenta para Conservação e Manejo de Recursos Vegetais**. Colombo, EMBRAPA. p. 265-290, 2007.

ATHAYDE, E. A. *et al.* Fenologia de espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 1, p. 43-51, 2009.

AUGSPURGER, C.K. Phenology, flowering synchrony and fruit set of six neotropical shrubs. **Biotropica** v.15, p. 257-267, 1983.

AZAMBUJA, B. O. *et al.* Estrutura do componente arbustivo de uma Floresta Estacional no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 768-770, 2007.

BENCKE, C.S.C.; MORELLATO, L.P.C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista brasileira de Botânica**, v.25, n.3, p. 269-275. 2002.

BERGAMASCHI, O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In: REGO, G.M., NEGRELLE, R.B.; MORELLATO, L.P.C.. (Org.). **Fenologia como Ferramenta para Conservação e Manejo de Recursos Vegetais**. Colombo, EMBRAPA, p.291-310, 2007.

BRODY, A. K. Effects of pollinators, herbivores, and seed predators on flowering phenology. **Ecology**, v.78, p. 1624–1631, 1997.

CASTRO, C. C.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Pollination biology of distylous Rubiaceae in the Atlantic rain forest, SE Brazil. **Plant Biology**, v. 4, p. 640-646, 2002.

COELHO, P.; C.; BARBOSA, A. A. A. Biologia reprodutiva de *Psychotria poeppigiana* Mull. Arg. (Rubiaceae) em mata de galeria. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n 3, p. 481-489, 2004.

CONSOLARO, H. N. **Biologia reprodutiva de duas espécies de Rubiaceae de mata de galeria no Triângulo Mineiro-MG**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

_____. **A distília em espécies de Rubiaceae do bioma Cerrado**. 2008, 96 f. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

CONSOLARO, H.; SILVA, S. C. S.; OLIVEIRA, P. E. Breakdown of distyly and pin-monomorphism in *Psychotria carthagenensis* Jacq. (Rubiaceae). **Plant Species Biology**, v. 26, p. 24–32, 2011.

DELLA FLORA, F. **Ecologia comportamental do tangará *Chiroxiphia caudata* (Aves, Pipridae) no extremo Sul da Floresta Atlântica**. 2010, 96f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Animal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

DELPRETE, P. G.; SMITH, L. B. ; KLEIN, R. B. **Rubiáceas**, Volume II - Gêneros de H-Z: 20. Gardenia até 46. Tocoyena - Flora Ilustrada Catarinense. 1. ed. Itajaí. Impresso. 2005.

DILLENBURG, V. R.; PORTO, M. L. Rubiaceae, Tribo Psychotrieae. *In*: A.R.H. Schultz & L.R.M. Baptista (eds), Flora ilustrada do Rio Grande do Sul. **Boletim do Instituto de Biociências**, v. 39 n.16 p.1-76,1985.

ELZINGA, J. A. *et al.* Time after time: flowering phenology and biotic interactions. **TRENDS in Ecology and Evolution**, v. 22, n 8, 2007.

FARIA, R. R. **Fenologia de floração, sistema reprodutivo e efetividade de polinização da espécie distílica *Psychotria carthagenensis* Jacq. (Rubiaceae) em áreas de cerrado, Campo Grande – MS.** 2010, 88f. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação)-Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. 2010.

FONSECA, L. C. N.; ALMEIDA, E. M.; ALVES, M. A. S. Fenologia, morfologia floral e visitantes de *Psychotria brachypoda* (Müll. Arg.) Britton (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica, Sudeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.22, n. 1, p.63-69, 2008.

FORNIER, L.A. Um método cuatitativo para la medición de características fenológicas em árboles. **Turrialba** v. 24 p. 422-423, 1974.

GIEHL, E. L. H *et al.* Espectro e distribuição vertical das estratégias de dispersão de diásporos do componente arbóreo em uma floresta estacional no Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21 n.1 p. 137-145, 2007.

HAMANN, A. Flowering and fruiting phenology of a Philippine submontane rain forest: climate factors as proximate and ultimate causes. **Journal of Ecology**, v.92 p. 24-31, 2004.

HERRERA, C. M. Seasonal variation in the quality of fruits and diffuse coevolution between plants and avian dispersers. **Ecology**, v. 63, p. 773-785, 1982.

KOCH, A. K.; SILVA, P. C.; SILVA, C. A. Biologia reprodutiva de *Psychotria carthagenensis* (Rubiaceae), espécie distílica de fragmento florestal de mata ciliar, Centro-Oeste do Brasil. **Rodriguésia**,v.61, n.3, p. 551-558, 2010.

KOPTUR, S., HABER, W.A., FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. Phenological studies of shrub and treelet species in tropical cloud forest of Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, v. 4, p. 323-346, 1988.

KRESS, W. J.; BEACH, J. H. Flowering plant reproductive systems. In: MCDADE, L.A.; BAWA, K.S.; HESPENHEIDE, H.A.; HARTSHIRN, G.S. (Org.). **La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest**. Chicago University Press, Chicago. p.161-182, 1994.

LEAL, M.B.; ELISABETSKY, E. Absence of alkaloids in *Psychotria carthagenensis* Jacq. (Rubiaceae) **Journal of Ethnopharmacology** v.54, p.37-40, 1996.

LEITE, P.F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do Sul do Brasil. **Ciência e Ambiente**, n. 24, p. 51-73, 2002.

LEITH, H. Purposes of a phenology book. In: **Phenology and sazonal modeling**. Springer-Verlag. Ecological Studies, v.8, p. 3-19, 1974.

LIMA, H.A. **Contribuição ao estudo da biologia floral, da fenologia e do sistema de reprodução de *Psychotria leiocarpa* Cham. et Schl. (Rubiaceae)**. 1986. 82f. Dissertação (Mestrado Ciências Biológicas - Botânica)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1986.

LONGHI, S. J *et al.* Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal no município de Santa Maria-Brasil. **Ciência Florestal**, v. 9, n.1, p. 115-131, 1999.

LOPES, L. E.; BUZATO, S. Biologia reprodutiva de *Psychotria suterella* Muell. Arg. (Rubiaceae) e a abordagem de escalas ecológicas para a fenologia de floração e frutificação. **Revista Brasileira de Botânica**, v.28, n.4, p.785-795, 2005.

LOPES, S. *et al.* Taxonomic significance of alkaloids and iridoid glucosides in the tribe Psychotrieae (Rubiaceae), Biochemical. **Systematics and Ecology**, v 32 n. 12, p.1187-1195, 2004.

MARCHIORETTO, M. S.; MAUHS, J.; BUDKE, J. C. Fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em uma floresta psamófila no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasileira**, v. 21, n. 1, p.193-201, 2007.

MARQUES, M. C. M; OLIVEIRA, P. E. A M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**,v. 27, n. 4, p. 713-723, 2004.

_____. Seasonal rhythms of seed rain and seedling emergence in two tropical rain forests in southern Brazil. **Plant Biology**, v. 10, p. 596-603, 2008.

MIKICH, S. B.; SILVA S. M. Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 1, p. 89-11, 2001.

MIKICH, S. B. A dieta frugívora de *Penelope superficialis* (Cracidae) em remanescente de floresta estacional semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil e sua relação com *Euterpe edulis* (Arecaceae). **Ararajuba**, v. 10, n. 2, p. 207-217, 2002.

MORELLATO, L.P.C. Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi. In: MORELLATO (Org.) **História natural da Serra do Japi - Ecologia e Preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil**. Campinas: Ed. da UNICAMP/FAPESP, p. 98-112, 1992.

_____. Fenologia e suas aplicações no estudo e monitoramento de mudanças climáticas. . In: Rego, G.M., Negrelle, R.B.; Morellato, L.P.C.. (Org.). **Fenologia como Ferramenta para Conservação e Manejo de Recursos Vegetais**. Colombo, EMBRAPA, p. 203-212, 2007a.

_____. A pesquisa em fenologia na América do Sul, com ênfase no Brasil, e suas perspectivas atuais. In: REGO, G.M., NEGRELLE, R.B.; MORELLATO, L.P.C.. (Org.). **Fenologia como Ferramenta para Conservação e Manejo de Recursos Vegetais**. 1 ed. Colombo: EMBRAPA, p. 37-48, 2007b.

MORELLATO, L. P. C. *et al.* Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. **Biotropica**, v. 32, p. 811-823, 2000.

MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi .In: MORELLATO (Org.) **História natural da Serra do Japi - Ecologia e Preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil**. Campinas: Ed. da UNICAMP/FAPESP, p.112-140, 1992.

_____. Reproductive phenology of climbers in a Southeastern Brazilian forest. **Biotropica**, v. 28, p.180-19, 1996.

NEWSTRON, L.E. *et al.* Diversity of long-term flowering patterns. In: MCDADE, L.A.; BAWA, K.S.; HESPENHEIDE, H.A.; HARTSHIRN, G.S. (Org.). **La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest**. Chicago University Press,

Chicago. p.142-160, 1994.

OPLER, P.A., FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. Comparative phenological studies of treelet and shrub species in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v.68, p. 167-188, 1980.

PAISE, G.; VIEIRA, E. M. Produção de frutos e distribuição espacial de angiospermas com frutos zoocóricos em uma Floresta Ombrófila Mista no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.28, n.3, p.615-625, 2005.

PEREIRA, Z. V. **Rubiaceae Juss. do Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinhema, Mato Grosso do Sul : florística, sistema reprodutivo, distribuição espacial e relações alométricas de espécies distílicas**. 2007. Tese (Doutorado Biologia Vegetal)-Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007.

PEREIRA, Z. V.; VIEIRA, M. F.; CARVALHO-OKANO, R. M. Fenologia reprodutiva, morfologia floral e sistema de incompatibilidade em espécies distílicas de Rubiaceae em fragmento florestal do Sudeste brasileiro. **Revista brasileira de Botânica**, v. 29, n. 3, p. 471-480, 2006a.

PEREIRA, Z. V.; CARVALHO-OKANO, R. M.; GARCIA F. C. P. Rubiaceae Juss. da Reserva Florestal Mata do Paraíso, Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n.1, p. 207-224. 2006b.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FREIRE, J. M. Fenologia e a produção de sementes florestais. In: Rego, G.M., Negrelle, R.B; Morellato, L.P.C.. (Org.). **Fenologia como Ferramenta para Conservação e Manejo de Recursos Vegetais**. Colombo, EMBRAPA, p.79-100, 2007.

POULIN, B. *et al.*. Interspecific synchrony and asynchrony in the fruiting phenologies of congeneric birds-dispersed plants in Panama. **Journal of Tropical Ecology**, v.15, p.213-227, 1999.

RAMÍREZ, N. Reproductive phenology, life-forms, and habitats of the venezuelan central plain. **American Journal of Botany**, v.89, n.5, p. 836–842 2002.

RATHCKE, B. Interactions for Pollination among Coflowering. **Ecology**, v. 69, n. 2, p. 446-457, 1988.

SAGERS, C.L.; COLEY, P.D. Benefits and costs of plant defense in a neotropical

shrub. **Ecology**, v.76, p.1835-1843, 1995.

SANMARTIN-GAJARDO, I.; MORELLATO, L. P. C. Fenologia de Rubiaceae do sub-bosque em Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, p. 299-309, 2003a.

SANMARTIN-GAJARDO, I.; MORELLATO, L. P. C. Inter and intraspecific variation on reproductive phenology of the Brazilian Atlantic forest Rubiaceae: ecology and phylogenetic constraints. **Revista de Biología Tropical**, v. 51, n. 3, p. 691-698, 2003b.

SANTOS, O. A., WEBBER, A. C.; COSTA, F. R. C. Biologia reprodutiva de *Psychotria spectabilis* Steyrm. e *Palicourea* cf. *virens* (Poepp & Endl.) Standl. (Rubiaceae) em uma floresta tropical úmida na região de Manaus, AM, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 1, p. 275-285, 2008.

SEVEGNONI, L. A herbivoria como limitador do desenvolvimento e sobrevivência das plantas na floresta. In: REGO, G.M., NEGRELLE, R.B. & MORELLATO, L.P.C.. (Org.). **Fenologia como Ferramenta para Conservação e Manejo de Recursos Vegetais**. Colombo, EMBRAPA, p. 25-36, 2007.

SICK, H. 1997. **Ornitologia Brasileira**. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro.

SILVA, C.A. **Biologia reprodutiva de três espécies distílicas de *Psychotria* L. e efeitos da fragmentação florestal no sucesso reprodutivo e na diversidade genética de *P. hastisepala* Müll. Arg. (Rubiaceae)**. 2007. 63f. Tese (Doutorado em Botânica). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

STRECK, E.V. *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p.126, 2002.

STSTSOFT. STATISTICA for Windows: v.6. 2001

TAYLOR, C. *Psychotria* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB014153>>. Acessado em março de 2012.

TEIXEIRA, L. A. G.; MACHADO, I. C. Biologia da polinização e sistema reprodutivo de *Psychotria barbiflora* DC. (Rubiaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v.18 n.4 p. 853-862, 2004.

VAN SCHAIK, C. P.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. The phenology of Tropical Forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematic**, v. 24 p. 353-377, 1993.

VELOSO, R. B.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro, 1991.

VIRILLO, C. B. *et al.* Floral biology and breeding system of *Psychotria tenuinervis* Muell. Arg. (Rubiaceae) in the Atlantic rain forest, SE Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21 n. 4, p. 879-884, 2007.

WRIGHT, S. J.; CALDERON, O. Phylogenetic patterns among tropical phenologies. **The Journal of Ecology**, v. 83, n. 6, p. 937-948, 1995.

CAPÍTULO 2 - ASPECTOS DA BIOLOGIA E MORFOMETRIA FLORAL DE TRÊS ESPÉCIES DE *PSYCHOTRIA* L. (RUBIACEAE) EM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL EM SANTA MARIA, RS, BRASIL.

Resumo – Este trabalho teve por objetivo determinar aspectos da biologia floral, com ênfase na morfometria, e determinar os visitantes florais de *Psychotria leiocarpa* Cham. & Schltdl., *P. carthagenensis* Jacq. e *P. myriantha* Muell. Arg. encontradas em fragmento de Floresta Estacional Decidual no distrito de Boca do Monte, Santa Maria, RS (53°54'W e 29°38'S). Durante a floração foram observados o período e a duração da antese e os visitantes florais. Foram coletadas flores das três espécies para realizar as análises morfométricas e de viabilidade polínica. A antese é diurna para as três espécies. As flores de *P. leiocarpa* abrem-se pela manhã e duram até o fim do dia, com duração de 12h. *P. myriantha* teve vários períodos de antese durante o dia e duração de 24 h. Em *P. carthagenensis*, a antese ocorreu em dois períodos: às 5 h com flores durando até às 18h, e entorno 12h com flores que duraram até a manhã do dia seguinte. *P. myriantha* é homostílica. *P. leiocarpa* possui os dois morfos florais, hercogamia recíproca e anisopleitia, apresentou características dimórficas auxiliares para comprimento da corola, tamanho dos lobos estigmáticos e no tamanho dos grãos de pólen, maior nas flores brevistilas e nas características de diâmetro da corola e quantidade de grãos de pólen por antera, maior nas flores longistilas. *P. carthagenensis* possui os dois morfos florais, sem hercogamia recíproca e é anisoplética. Apresentou características dimórficas auxiliares para comprimento dos lobos estigmáticos e comprimento da antera, maior no morfo brevistilo, e diâmetro da corola, maior no morfo longistilo. Os visitantes florais foram insetos, principalmente da ordem Hymenoptera. *Apis mellifera* foi o visitante mais frequente em *P. leiocarpa* e *P. myriantha*, enquanto *P. carthagenensis* apresentou abelhas nativas como os visitantes mais freqüentes.

Palavras-chave Heterostilia, morfos florais, hercogamia recíproca, isopleitia, visitantes florais.

INTRODUÇÃO

Heterostilia é um mecanismo de autoincompatibilidade esporofítico heteromórfico, no qual ocorre polimorfismo floral geneticamente controlado, em que indivíduos distintos apresentam dois (distilia) ou três (tristilia) morfos florais, que diferem quanto ao tamanho do estilete e dos estames. Na distilia, os morfos são denominados brevistilos, com estilete abaixo das anteras, e longistilos, com estilete acima das anteras, e a fecundação e formação de frutos ocorrem após a polinização intermorfo (GANDERS, 1979; BARRETT & RICHARDS, 1990; BARRET, 1992). Entretanto, podem ocorrer casos em que o polimorfismo não está associado a um sistema de auto e intramorfo incompatibilidade (BARRET & SHORE, 2008). O sucesso reprodutivo das espécies distílicas está relacionado com a hercogamia recíproca, estiletos e anteras dos morfos distintos em um mesmo nível, e com a isopletia, em que a proporção dos morfos florais na população é de 1:1. Essas características contribuem para a eficiência do fluxo de pólen entre os morfos (GANDERS, 1979; BARRET, 1992).

Entre as 28 famílias de angiospermas que possuem espécies distílicas (BARRETT *et al.*, 2000), Rubiaceae é a que apresenta maior número de espécies (GANDERS, 1979; BARRETT & RICHARDS, 1990; FAIVRE & MCDADE, 2001). Alguns gêneros de Rubiaceae, entre eles *Psychotria*, são descritos como tipicamente distílicos, contudo, espécies dentro desses gêneros possuem diferentes graus de alterações (SAKAI & WRIGHT, 2008; FAIVRE & MCDADE, 2001). Há relatos de quebra da distilia, processo que pode originar populações monomórficas ou homostílicas, geralmente ligadas a perda da auto-incompatibilidade e incompatibilidade intramorfo (SAKAI & WRIGHT, 2008; CONSOLARO, 2008).

Rubiaceae possui distribuição cosmopolita com cerca de 9000 espécies. É uma das famílias mais representativas na flora brasileira estando presente em todas as formações naturais. O gênero *Psychotria* é um dos mais bem representados nos sub-bosques das formações florestais (SOUZA & LORENZI, 2008), e segundo Taylor (2012), no Brasil ocorrem 264 espécies do gênero.

A maioria dos trabalhos envolvendo biologia floral das espécies de *Psychotria* foram realizados na Mata Atlântica da região sudeste, e em menor número, no cerrado, ou região amazônica. Nas formações florestais da região Sul trabalhos com essa abordagem envolvendo esse táxon são inexistentes.

Neste trabalho são abordadas as espécies: *Psychotria leiocarpa* Cham. & Schltdl., *P. carthagenensis* Jacq. e *P. myriantha* Muell. Arg., encontradas em um fragmento de Floresta

Estacional Decidual, em Santa Maria, região central do Rio Grande do Sul, com objetivo de determinar aspectos da biologia floral, com ênfase na morfometria floral, e registrar os visitantes florais das três espécies

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo está localizada no distrito de Boca do Monte, município de Santa Maria, RS. O fragmento florestal está situado em uma encosta de exposição noroeste, com altitudes que variam de 200 a 300m e uma área de aproximadamente 60 ha próximo as coordenadas 53°54'W e 29°38'S. O fragmento se encontra em uma propriedade particular e parece não ter sofrido, recentemente, ação antrópica intensa (GIEHL *et al.* 2007). Os solos da área são classificados como Chernossolo Argilúvico férrico típico em associação com Neossolo Litólico Eutrófico típico (STRECK *et al.* 2002).

A formação florestal é descrita como Floresta Estacional Decidual (VELOSO *et al.* 1991). Um levantamento florístico feito na área de estudo demonstrou que o componente arbóreo é composto por 58 espécies de 26 famílias botânicas. Sendo Fabaceae, Lauraceae, Meliaceae e Myrtaceae com maior número de espécies no estrato arbóreo (GIEHL *et al.* 2007). No estrato arbustivo predominam espécies do gênero *Psychotria*, com destaque para *P. leiocarpa*, que alcança os maiores valores em todos os índices fitossociológicos, *P. myriantha* e *P. carthagenensis* são a terceira e quarta espécie em valor de importância na área, respectivamente (AZAMBUJA *et al.* 2007).

O clima da região é do tipo Cfa, temperado úmido, segundo a classificação de Köppen, com chuvas bem distribuídas durante os doze meses do ano, acumulando cerca de 1700 mm no ano. A temperatura média anual é de 19,6° C e atingindo valores médios extremos de 9,3°C em julho e 26,8°C em março.

Descrição das espécies

Psychotria carthagenensis tem hábito arbustivo, mas pode chegar ao porte arbóreo, apresenta grande variação morfológica entre as diferentes formações florestais, pode ser esciófila de luz difusa à heliófila. *Psychotria leiocarpa* é própria de locais de luz difusa e pode se tornar dominante na Floresta Estacional Decidual. *Psychotria myriantha* é esciófila, desenvolvendo-se, principalmente, nas florestas primárias, em solos úmidos (DELPRETE *et al.* 2005). As flores de *P. carthagenensis*, *P. leiocarpa* são descritas por Dillenburg & Porto

(1985) e Delprete *et al.* (2005) como heterostílicas distílicas, e as de *P. myriantha*, como homostílicas. Contudo, Pereira *et al.* (2006a) e Consolaro (2008) relatam a heterostila em *P. myriantha*. A floração de *P. leiocarpa* e de *P. carthagenensis* ocorre de outubro a janeiro e de *P. myriantha* ocorre de novembro a fevereiro (dados apresentados no capítulo 1). As flores são pequenas, gamopétalas, com corola do tipo infundibuliforme (*P. carthagenensis* e *P. myriantha*) e campanulada em *P. leiocarpa*. As três espécies possuem disco nectarífero na base do estigma (DILLENBURG & PORTO 1985; DELPRETE *et al.*, 2005). As flores são brancas em *P. carthagenensis*, rosadas ou brancas em *P. leiocarpa* e brancas ou esverdeadas em *P. myriantha*.

Coleta de dados

Durante uma semana no pico de floração, dezembro de 2010, foi observado nas três espécies o período de antese e a sua duração. O início da antese foi considerado a partir da separação dos lobos da corola e a senescência quando a corola murcha e/ou cai. O estigma foi considerado receptivo depois da separação dos lobos estigmáticos (CONSOLARO, 2008). Também foi observada a deiscência das anteras e a disponibilidade de pólen durante a antese. Foram monitorados no mínimo 10 indivíduos de cada morfo floral de *P. leiocarpa*, 10 de *P. myriantha* e cinco indivíduos de cada morfo de *P. carthagenensis*.

Para a morfometria floral foram coletadas 50 flores de cada morfo das espécies de *P. leiocarpa*, 45 de cada morfo floral de *P. carthagenensis* e 50 flores de *P. myriantha*, sendo essas de 10 indivíduos diferentes, exceto de *P. carthagenensis* em que as coletas foram realizadas em cinco indivíduos de cada morfo. As flores foram estocadas em etanol 70%, e medidas com auxílio de um paquímetro (0,05mm) e de um microscópio estereoscópio. As medidas tomadas estão discriminadas na figura 1. A correspondência entre a altura do estigma e dos estames nas flores dos diferentes morfos e valores iguais separação estigma-antera foram considerados indicativo da hercogamia recíproca.

Para avaliar a quantidade de grãos de pólen, viabilidade polínica e medidas do diâmetro dos grãos de pólen foram coletados botões florais em pré-antese de cinco indivíduos de cada morfo floral das espécies distílicas e cinco da espécie homostílica. Os botões florais foram coletados e fixados em etanol-ácido acético (3:1), mantidos em temperatura ambiente por 24 horas. Após o material foi conservado em etanol 70%, sob refrigeração.

A contagem dos grãos de pólen foi realizada em duas anteras escolhidas ao acaso de cinco flores de cada morfo floral das espécies distílicas e cinco flores da espécie homostílica. Cada antera foi aberta sobre uma lâmina de microscopia, onde todos os grãos de pólen foram

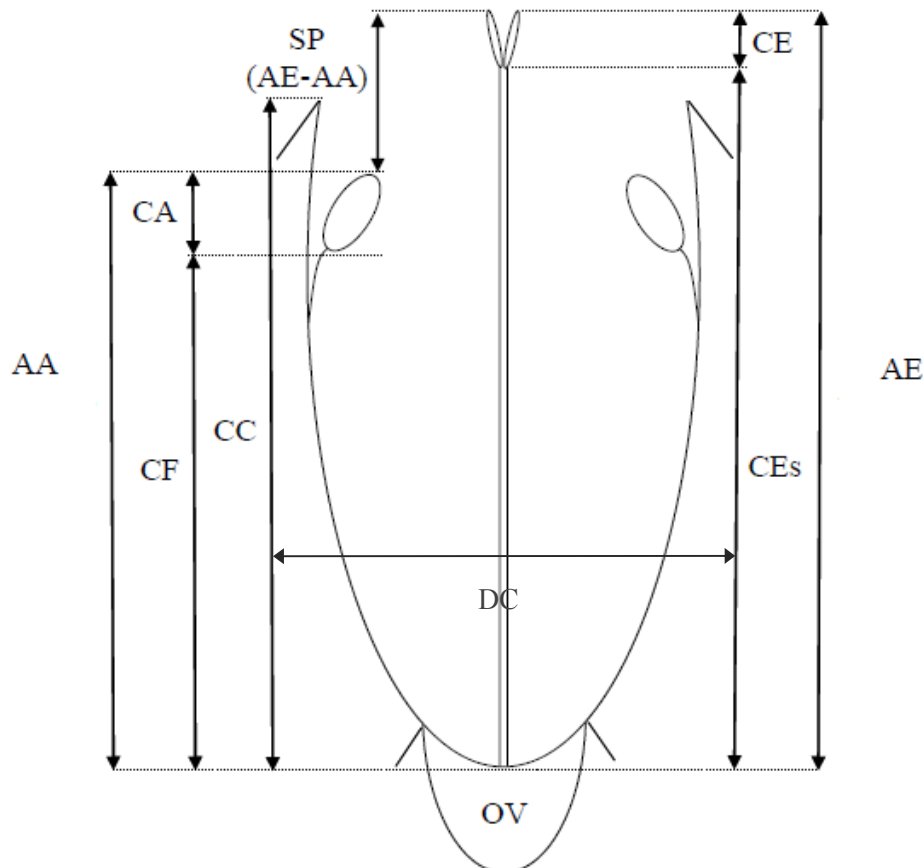


Figura 1 – Medidas morfológicas das flores das espécies de *Psychotria* L. encontrados em fragmento de floresta Estacional Decidual em Santa Maria, RS. DC: Diâmetro da Corola. CEs: Comprimento do Estilete. CE: Comprimento de estigma. AE: Altura do estigma. CC: Comprimento da corola. AA: Altura da antera. CA: Comprimento da antera. OV: Ovário. SP: Separação estigma-antera.

retirados do interior dos sacos polínicos com auxílio de agulhas histológicas e de microscópio estereoscópio. Os grãos foram observados em microscópio e contados pelo método de varredura. Foi calculada a média de grãos de pólen por antera usando os valores encontrados nas duas anteras amostradas.

A viabilidade polínica foi testada em cinco indivíduos diferentes dos morfos florais das espécies distílicas e cinco flores da espécie homostílica. O preparo das lâminas foi feito segundo a técnica de esmagamento das anteras (GUERRA, 2002) e coradas com orceína acética 2%. Foram considerados viáveis os grãos de pólen bem corados e inviáveis os grãos que apresentaram coloração fraca e/ou ausente ou ainda em um tamanho reduzido, considerados diminutos, quando são 50% menores que os grãos normais. Foram contados 550 grãos de pólen por amostra, analisados em microscópio óptico com aumento de 400x. Nestas mesmas lâminas também foram realizadas as medidas do diâmetro de 20 grãos de pólen de

cada morfo floral das espécies distílicas e 20 da espécie homostílica, as medidas foram feitas com lente micrométrica.

A isopleia nas populações das espécies distílicas foi determinada pelo levantamento do morfo floral dos indivíduos dessas espécies em uma trilha de 310 m de comprimento por 5m de largura. A população foi considerada isoplética quando a proporção de cada morfo foi de 1:1.

As comparações das medidas entre os morfos florais foram feitas através do teste de Tukey, pelo programa Assistat 7.6. O teste Qui-quadrado foi utilizado para testar a razão isoplética dos morfos florais na população, através do programa BioEstat 5.0 (AYERS *et al.*, 2007).

As observações dos visitantes florais foram focais e realizadas durante cinco dias consecutivos em dezembro de 2010. Nas espécies distílicas foram observadas flores dos dois morfos florais. O acompanhamento dos visitantes resultou em 10 horas de observação para *P. leiocarpa* e *P. myriantha* e em oito horas para *P. carthagenensis*. Os visitantes florais foram classificados como: muito frequentes quando foram observadas mais de 10 visitas por hora; frequentes, de cinco a 10 visitas por hora; e raros, menos de que cinco visitas por hora. Os animais observados foram coletados com auxílio de rede entomológica, sacrificados com acetato de etila e armazenados para posterior identificação.

Nas descrições das visitas e no período de antese foi mencionado o horário solar e não o Horário Brasileiro de Verão vigente no período de estudo.

O material testemunho foi depositado no Herbário do Departamento de Biologia (SMDB - UFSM): *Psychotria myriantha* SMDB 13.451; *Psychotria leiocarpa* SMDB 13.452 e *Psychotria carthagenensis* SMDB 13.453.

RESULTADOS

As flores de *Psychotria leiocarpa* iniciam a antese a partir das 5 horas (h) até as 7 h. Em torno das 10 h e 30 min as flores estão com os lobos da corola em um ângulo de 90 graus, após as pétalas se curvam para baixo. As flores começam a mostrar sinais de danificação por volta das 12 horas nos lobos da corola que serviam de apoio aos polinizadores. Em algumas flores esses sinais aparecem antes, e foram observados cerca de 3-4 h após o início da antese. Esse fenômeno ocorre em períodos distintos em diferentes flores e é diretamente ligado à visita dos polinizadores. O início da senescência ocorre em torno das 17h, quando a corola

fica escura e cai com facilidade. O pólen está disponível e o estigma receptivo cerca de meia hora antes da antese. Em flores que sofreram visitação muito frequente, observa-se anteras escuras com pouco pólen cerca de quatro horas após a antese.

Nas flores de *P. carthagenensis* observaram-se dois períodos de antese, um ao amanhecer e outro em torno do meio dia. As flores que se abrem pela manhã têm antese a partir das 5h até as 8h e 30min, e duram até o fim da tarde, por volta das 18 h, quando tornam-se mais escuras e a corola cai com facilidade. O outro evento de antese ocorre entre as 11h e 30min e 13h 30min, perdurando até o outro dia, mantendo-se vistosas à noite. A queda ocorre no dia seguinte, a partir da metade da manhã, com os mesmos sinais de senescência citados acima. O início da antese é marcado pela separação dos lobos da corola. No processo de abertura, as lacínias vão se separando e ficando na posição horizontal, depois se curvam para baixo tornando-se reflexas. Nas flores brevistilas esse movimento auxilia na elevação ou destaque dos estames, já nas flores longistilas deixa as anteras mais.

As flores de *P. carthagenensis* não são danificadas pela visita de polinizadores, como em *P. leiocarpa*. A senescência é marcada pela mudança da cor da corola de branca para creme seguido pela queda, que ocorre cerca de 12 h após a antese nas flores que abrem pela manhã e cerca de 18h nas flores que abrem próximo ao meio dia. O pólen está disponível após as lacínias estarem totalmente curvadas e as anteras bem expostas. Foram observadas anteras escuras no decorrer do dia devido a visitas feitas por insetos, enquanto, em outras flores, havia pólen nas anteras quando a corola senescente caía. O estigma está receptivo após a total expansão das flores, e assim permanece até a queda da corola. Nas duas espécies distílicas não foram observadas diferenças entre os morfos florais em relação ao período de antese, a oferta de pólen e a receptividade do estigma.

Em *P. myriantha*, a antese ocorreu em vários períodos do dia, concentrados durante a manhã, primeira observação às 5h e última às 17h, com duração de 24 horas. As flores levam de uma a duas horas para expandirem as lacínias que ficam em posição perpendicular ao tubo da corola. A senescência ocorre quando a corola murcha e cai. Nesse caso, geralmente, o pistilo cai junto com a corola ou a flor seca, ficando escura, mas permanece na inflorescência, e nesse caso o pistilo continua claro. O estigma fica receptivo após a expansão total da corola, e o pólen disponível após o estigma estar receptivo. Aspectos gerais das flores das três espécies abordadas podem ser observadas na figura 2.

Em relação às medidas da morfometria floral, *P. leiocarpa* apresentou diferenças significativas entre os morfos florais na altura dos estigmas e das anteras, como pode ser observado na figura 2 A a D e na tabela 1. Em relação às características dimórficas auxiliares

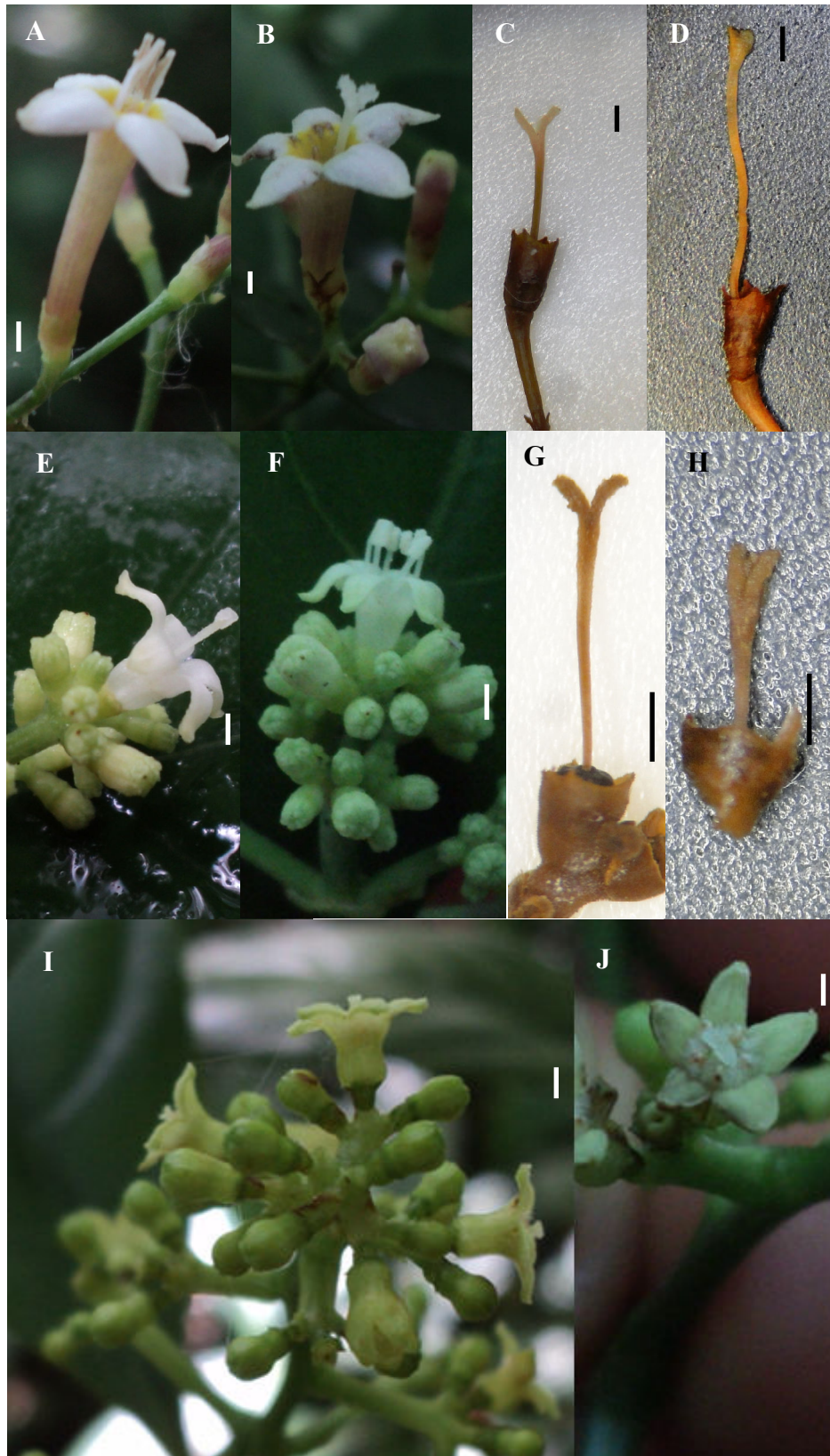


Figura 2 – Flores das espécies de *Psychotria* L. encontradas em fragmento de floresta Estacional Decidual em Santa Maria, RS. *Psychotria leiocarpa*: A - flor brevistila; B - flor longistila; C - pistilo de flor brevistila; D - pistilo de flor longistila. *P. carthagenensis*: E - flor longistila; F - flor brevistila; G - pistilo de flor longistila; H - pistilo de flor brevistila. *P. myriantha*: I - inflorescência; J – Flor homostílica. Barra 1mm.

houve diferenças significativas com valores maiores para as flores brevistilas nas características de: comprimento da corola, tamanho dos lobos estigmáticos e no tamanho dos grãos de pólen. Nas flores longistilas foram constatadas diferenças significativamente maiores nos quesitos de: diâmetro da corola e quantidade de grãos de pólen por antera (Tabela 1). A espécie possui hercogamia recíproca devido à sobreposição das medidas da altura do estigma e dos estiletos dos morfos e pelos valores da separação estigma-antera não serem estatisticamente diferentes (Tabela 1 e Figura 3 B).

As flores de *P. carthagenensis* apresentaram dimorfismo floral, com a altura dos estigmas e anteras, diferindo significativamente como pode ser observado na figura 1 E a H e na tabela 1. Nos outros parâmetros analisados ocorreram diferenças significativas em: diâmetro da corola, maior no morfo longistilo; nos lobos estigmáticos e no comprimento da antera, maiores nos morfos brevistilos (Tabela 1). A hercogamia recíproca não é exata entre os estigmas e anteras dos morfos florais, sendo mais próxima entre o estigma do morfo brevistilo e as anteras do morfo longistilo que entre o pistilo do morfo longistilo e as anteras do brevistilo. O que foi reforçado pelas medidas da separação estigma-antera, significativamente diferentes, indicando que apesar de estar em lados opostos na representação gráfica o morfo brevistilo apresenta uma menor separação estigma-antera que o morfo longistilo (Tabela 1 e Figura 2A).

As flores de *P. myriantha* coletadas não apresentaram dimorfismo floral (Figura 2 I e J e Tabela 1). Quando analisada a diferença entre a altura do estigma e a altura das anteras percebeu-se que os estigmas são significativamente mais altos que as anteras (Teste de Tukey a 5%). Isto, a rigor, configuraria a espécie com flores monomórficas longistila, mas como essa diferença é muito pequena e não é constante na população (Figura 2 C), a espécie foi considerada homostílica.

A viabilidade polínica foi alta, para as três espécies. Sendo os grãos de pólen considerados inviáveis, na maioria, diminutos. Nas espécies distílicas não foram observadas diferenças entre os morfos florais (Tabela 1).

Em relação à isopleτία, em *P. carthagenensis* foram encontrados 14 indivíduos brevistilos e 18 longistilos ($X^2 = 0,5$ $p = 0,47$), sendo considerada anisoplética. Em *P. leiocarpa* foram observados 459 indivíduos brevistilos e 523 longistilos ($X^2 = 4,171$ $p = 0,04$) indicando que a população amostrada é anisoplética.

Tabela 1 – Médias \pm desvio padrão das medidas morfométricas das flores, número de grão de pólen, viabilidade polínica e separação estigma antera das espécies de *Psychotria* L. encontradas em fragmento de floresta Estacional Decidual em Santa Maria, RS. L - morfo longistilo; B - morfo brevistilo. Valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey probabilidade de 5%.

| | <i>Psychotria leiocarpa</i> | <i>Psychotria carthagenensis</i> | <i>Psychotria myriantha</i> |
|-------------------------------------|--|--|-----------------------------|
| Diâmetro da corola (mm) | L 5,86 (\pm 0,76) a B 5,27 (\pm 0,48) b | L 3,31 (\pm 0,37) a B 3,08 (\pm 0,36) b | 5,45 (\pm 0,4) |
| Comprimento da corola (mm) | L 5,9 (\pm 0,61) b B 6,13 (\pm 0,48) a | L 2,23 (\pm 0,23) a B 2,29 (\pm 0,29) a | 2,55 (\pm 0,14) |
| Tamanho dos lobos estigmáticos (mm) | L 1,05 (\pm 0,15) b B 1,57 (\pm 0,25) a | L 0,68 (\pm 0,14) b B 0,85 (\pm 0,09) a | 0,5 (\pm 0,13) |
| Altura do estigma (mm) | L 7,85 (\pm 0,69) a B 5,38 (\pm 0,41) b | L 4,3 (\pm 0,44) a B 2,62 (\pm 0,28) b | 3,12 (\pm 0,12) |
| Altura da antera (mm) | L 5,38 (\pm 0,57) b B 7,79 (\pm 0,59) a | L 2,72 (\pm 0,2) b B 3,81 (\pm 0,35) a | 2,89 (\pm 0,14) |
| Comprimento da antera (mm) | L 1,92 (\pm 0,28) a B 2 (\pm 0,16) a | L 1,14 (\pm 0,09) b B 1,32 (\pm 0,07) a | 1,15 (\pm 0,15) |
| Tamanho do grão de pólen (μ m) | L 88.70 (\pm 5,3) b B 108.6 (\pm 4,15) a | L 43.2 (\pm 12,42) a B 47.9 (\pm 12,54) a | 83,72 (\pm 2,96) |
| Quantidade de pólen por antera | L 369.2 (\pm 25,61) a B 290 (\pm 41,7) b | L 419.9 (\pm 81,79) a B 383.3 (\pm 60,93) a | 152,1 (\pm 31,44) |
| Viabilidade polínica (%) | L 91.96 (\pm 9,73) a B 95.35 (\pm 7,76) a | L 90.55 (\pm 3,7) a B 87.56 (\pm 5,88) a | 85.67 (\pm 5,37) |
| Separação estigma-antera (mm) * | L 2,47 (\pm 0,53) a B - 2,40 (\pm 0,59) a | L 1,59 (\pm 0,44) a B - 1,18 (\pm 0,33) b | 0,22 (\pm 0,23) |

*Os valores do Teste de Tukey para a separação estigma-antera foram realizados com valores em módulo.

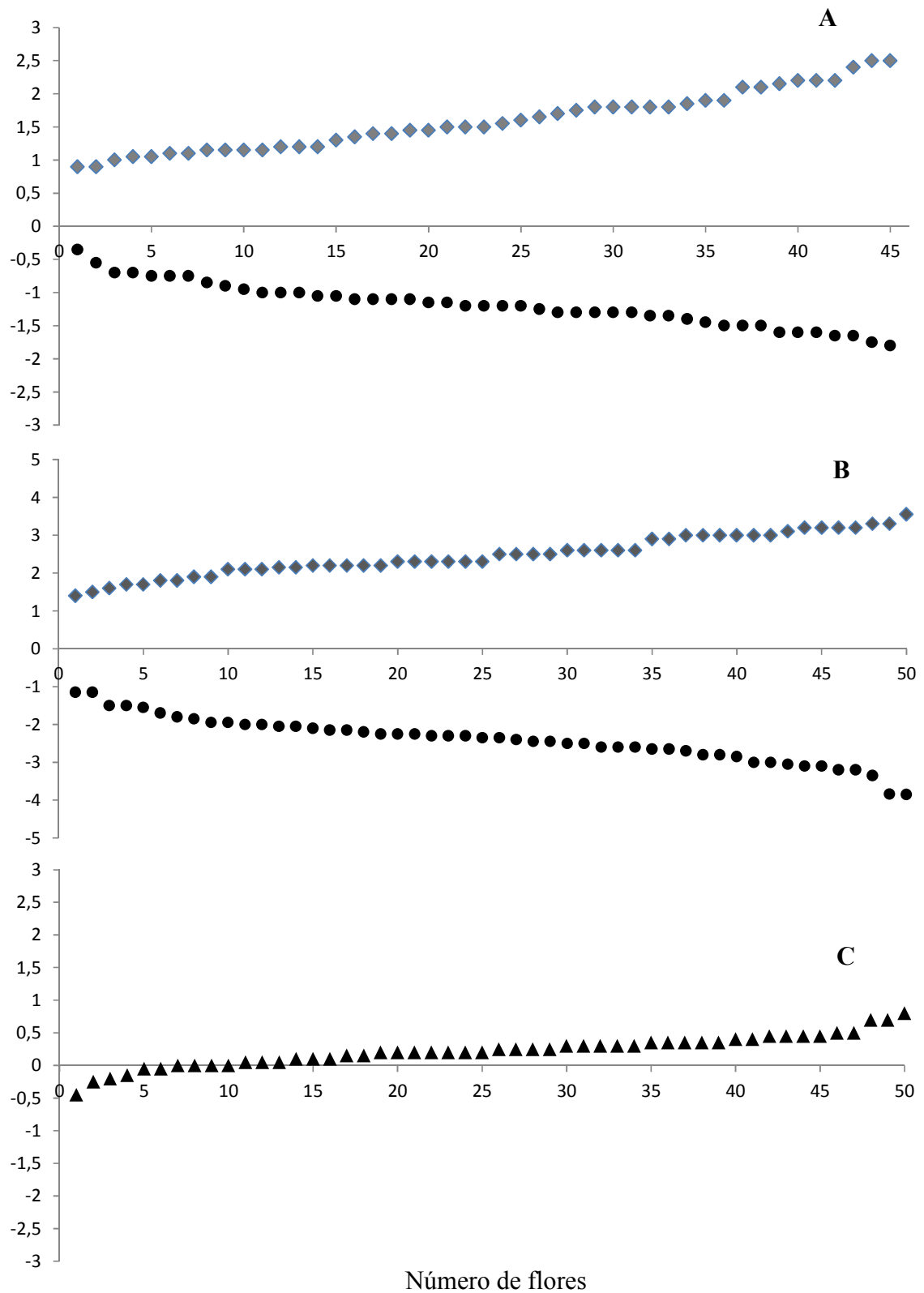


Figura 3 – Separação estigma-antera das espécies de *Psychotria* L. encontradas em fragmento de floresta Estacional Decidual em Santa Maria, RS. A - *P. carthagenensis*; B - *P. leiocarpa*; C - *P. myriantha*. (◆) flor longistila; (●) flor brevistila; (▲) flor homostilica.

Os visitantes florais foram insetos pertencentes a três ordens: Diptera, Hymenoptera e Lepidoptera. A relação de visitantes florais e sua classificação encontra-se na Tabela 2. A abelha exótica *Apis mellifera* foi a espécie que apresentou a maior frequência de visitas em *P. leiocarpa* e *P. myriantha*, enquanto em *P. carthagenensis* foram outras abelhas e vespas. Quanto ao compartilhamento dos visitantes florais, *P. myriantha* não recebeu visitantes exclusivos, ao contrário das outras espécies. Contudo, apenas um visitante exclusivo de *P. carthagenensis* foi classificado como frequente, enquanto os outros dois foram considerados raros, o que também foi encontrado para os quatro visitantes exclusivos de *P. leiocarpa*.

As visitas ocorreram durante toda a antese nas três espécies, com maior atividade entre as 9 h até as 16 h. *Apis mellifera* iniciou as visitas por volta das sete horas da manhã até às 18 horas, com ápice de visitas entre as 9 e 15 h, sendo a duração das visitas de 2 a 5 segundos (s). Durante a visita, as abelhas apoiavam-se nas pétalas e introduziam a cabeça no interior do tubo da corola. Em *P. leiocarpa*, no horário de maior atividade, observava-se mais de cinco abelhas no mesmo indivíduo, visitando mais que uma flor por arbusto, mas não todas em antese, muitas vezes, uma por inflorescência. Em *P. myriantha* a frequência de visitas foi menor que em *P. leiocarpa*, e as abelhas se comportavam de forma semelhante.

As abelhas não identificadas e as pertencentes à família Halactidae permaneceram nas flores de *P. myriantha* e *P. carthagenensis* de cinco a 15s. Geralmente visitavam mais que uma flor por inflorescência, mas não visitavam muitas flores em um mesmo indivíduo. Essas abelhas introduziam a cabeça no interior da corola e depois andavam sobre os estames em movimentos circulares, provavelmente coletando pólen.

As visitas das borboletas duravam de dois a quatro segundos e poucas flores por indivíduo eram visitadas. Elas pousavam em folhas próximas as flores ou permaneciam no ar. O representante da Ordem Diptera realizava visitas muito rápidas, de no máximo três segundos, quando colocava sua longa probóscide no interior da corola. As vespas pousavam nas flores ou inflorescências e colocavam suas cabeças no interior da corola, permanecendo de cinco a 10 segundos em cada flor, principalmente em *P. carthagenensis*.

Quando comparado às visitas entre os morfos das espécies distílicas não houve diferenças em *P. leiocarpa*. Em *P. carthagenensis* observou-se maior número de visitantes florais no morfo brevistilo (Tabela 2). Essa diferença possivelmente está associada com o fato de alguns indivíduos do morfo brevistilo serem maiores que os indivíduos do morfo longistilo, produzindo maior número de flores e tornando-se mais atrativa aos visitantes. Contudo, as flores da planta longistila foram visitadas pelas morfo/espécies mais recorrentes em *P. carthagenensis*.

Tabela 2 – Visitantes florais de três espécies do gênero *Psychotria* L. em fragmento de floresta Estacional Decidual em Santa Maria, RS. MF - muito frequente (> 10 visitas/hora), F - frequente (entre 10 e 5 visitas/hora), R - raro (< 5 visitas/hora).

| Ordem/ Família/ Espécies | <i>Psychotria leiocarpa</i> | <i>Psychotria carthagenensis</i> | <i>Psychotria myriantha</i> |
|--|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| DÍPTERA | | | |
| Morfo-espécie 1 | F | R* | |
| LEPIDÓPTERA | | | |
| Hesperiidae | | | |
| <i>Urbanus</i> sp. | R | | |
| Nymphalidae | | | |
| <i>Eptyches eupompe</i> (Geyer, 1832) | R | | |
| <i>Heliconius ethilla narcaea</i> Godort, 1819 | | R* | |
| Papilionidae | | | |
| <i>Parides anchises nephalion</i> (Godart, 1819) | F | | F |
| Pieridae | | | |
| <i>Dismorphia astyacha</i> Hubner (1831) | R | | |
| HYMENOPTERA | | | |
| Morfo-espécie 1 | R | F | F |
| Apidae | | | |
| <i>Apis mellifera</i> Lepeletier, 1936 | MF | | MF |
| Vespidae | | | |
| Morfo-espécie 1 | R | | |
| Morfo-espécie 2 | | F* | |
| Morfo-espécie 3 | | R* | |
| Halictidae | | | |
| Morfo-espécie 1 | | F | F |
| Morfo-espécie 2 | | F | F |

* Morfo Brevistilo

DISCUSSÃO

A presença de indivíduos com flores de dois morfos florais, hercogamia recíproca, isopletia, e sistema de auto e intramorfo incompatibilidade são consideradas características da distília típica (BARRET, 1992). E quando as espécies não apresentam todas as características, são consideradas distílicas atípicas (PAILLER & THOMPSON, 1997; CASTRO *et al.* 2004). *Psychotria leiocarpa* e *P. carthagenensis* apresentaram os dois morfos florais. Para a população estudada, *P. myriantha* é homostílica, pois foi encontrado apenas um morfo floral com estigmas e anteras na mesma altura, confirmando o relatado por Dillenburger & Porto (1985) e Delprete *et al.*, (2005) para a região Sul do Brasil, diferindo do encontrado por Pereira *et al.* (2006a) e Consolaro (2008) para populações do Sudeste e Centro-Oeste do país.

Consolaro (2008) fez um levantamento dos morfos florais de espécies distílicas da

família Rubiaceae do bioma Cerrado em herbários e bibliografias. O autor encontrou muitas variações nos morfos do gênero *Psychotria*, entre elas, espécies distílicas típicas, distílica com monomorfismo longistilo, distílica com homostilia, homostilia e monomorfismo. Em relação às espécies abordadas nesse estudo, *P. carthagenensis* apresentou morfos florais longistilo, brevistilo e homostilo com verificação de autocompatibilidade. *P. leiocarpa* foi caracterizada como tipicamente distílica. Em *P. myriantha* foram observados indivíduos brevistilos, longistilos e homostilos. A partir desse levantamento fica evidente a variação entre a ocorrência dos morfos florais em populações distintas, e que ocorrem modificações em função da condição do ambiente levando a alterações nas estratégias reprodutivas das espécies distílicas. É importante ressaltar que as exsicatas analisadas não procedem, necessariamente, das mesmas populações.

A quebra da distílica para homostilia pode ocorrer independentemente em espécies ou populações e sua manutenção e evolução são geridas por fatores ambientais e genéticos. Quando uma forma homostílica surge em populações distílicas, ela tende a dominar o ambiente, pois, geralmente, é autocompatível e pode receber pólen dos outros dois morfos florais, alcançando um maior sucesso reprodutivo (WOLFF & LIEDE-SCHUMANN, 2007; SAKAI & WRIGHT, 2008; CONSOLARO *et al.*, 2009). No caso de *P. myriantha*, a homostilia parece ser uma característica uniforme nos estados do Sul do Brasil (DILLENBURG & PORTO, 1985; e DELPRETE *et al.*, 2005). Esta condição pode ter sido originada quando houve a dispersão da espécie para o ambiente subtropical, pois a homostilia autocompatível é mais eficiente para ocupar áreas limítrofes que espécies distílicas típicas (BARRETT, 2010). Segundo Sakai & Wright (2008), as vantagens da polinização cruzada das espécies distílicas pode ser perdida quando o fornecimento de pólen é reduzido e não garante a produção de sementes ou durante gargalos populacionais e em eventos de colonização de novas áreas.

A hercogamia recíproca é importante para espécies distílicas por garantir a eficiência da transferência de pólen entre os morfos. Ela possibilita a polinização cruzada, pois o pólen é depositado em diferentes partes do corpo do polinizador (WEBB & LLOID 1986; BARRETT & RICHARDS, 1990), elevando a aptidão masculina e promovendo a sua deposição em estigmas compatíveis (BARRETT & SHORE, 2008). Com a maior eficiência na polinização planta pode diminuir a quantidade de pólen produzida (GANDERS, 1979). Nas espécies estudadas, *P. leiocarpa* teve hercogamia recíproca e separação estigma-antera dos morfos estatisticamente igual, como o encontrado em Lima (1986), e diferindo do encontrado por Consolaro (2008) e de Pereira (2007). Neste último, foi encontrado um morfo variante, com

estilete de tamanho intermediário. Em *P. carthagenensis* não houve hercogamia recíproca exata e a separação estigma-antera foi significativamente menor no morfo brevistilo, como o encontrado por Consolaro (2008), Pereira (2007), Faria (2010) e Koch *et al.* (2010).

A falta de hercogamia recíproca pode ocasionar polinização diferencial, o que levaria a uma variação da proporção dos morfos florais, ou anisopletia (BARRETT, 1992; CONSOLARO, 2008). Como ocorre na população *P. carthagenensis*, que não apresenta hercogamia recíproca, e possui população anisoplética. Entretanto, *P. leiocarpa* possui hercogamia recíproca e sua população também é anisoplética. Esse comportamento vai ao encontro com estudos mais recentes de biologia reprodutiva de espécies distílicas, em que estas dificilmente apresentam todas as características da distília típica, mas mesmo assim, pode haver um fluxo de pólen entre morfos florais e conseqüentemente polinizações legítimas (FAVRE & MCDADE, 2001; CASTRO & ARAÚJO, 2004; TEIXEIRA & MACHADO, 2004).

Da mesma forma, a presença dos fatores morfológicos nas espécies distílicas não é garantia de que o sistema de incompatibilidade heteromórfica esteja ativo. Por exemplo, as flores podem ter hercogamia recíproca próxima, populações isopléticas e apresentar auto e intramorfo compatibilidade (KOCH *et al.*, 2010; FARIA, 2010), enquanto populações anisopléticas possuem auto e intramorfo incompatibilidade (PEREIRA, 2007). Uma visão mais abrangente do significado adaptativo da heterostilia reconhece papéis diferentes para os componentes fisiológico e morfológico. A hercogamia recíproca aumentaria a aptidão masculina, promovendo um eficiente fluxo e evitando a deposição de pólen em estigmas auto e intramorfo incompatíveis. Por outro lado, a auto e intramorfo incompatibilidade aumentaria a aptidão feminina evitando a “auto-fecundação” e, conseqüentemente, diminuindo a depressão endogâmica. Assim, se o sistema de transferência de pólen é eficiente na população, o mecanismo de auto e intramorfo incompatibilidade podem estar relaxados. O contrário também pode ocorrer, se a hercogamia recíproca não é exata, o sistema auto e intramorfo incompatibilidade impede a “auto-fecundação” (BARRETT & SHORE, 2008).

Diferenças nas proporções dos morfos florais em uma população pode ter várias explicações. A primeira seria a mudança do padrão morfológico da espécie na população, como encontrado por Consolaro *et al.* (2011) para *P. carthagenensis*, em que há uma grande desproporção entre os morfos florais, com predomínio do morfo longistilo. Outros fatores que interferem na isopletria da população é a reprodução vegetativa, populações pequenas ou recentes, (BARRETT & RICHARDS, 1990; FONSECA *et al.* 2008), ou ainda resultado de amostragem insuficiente (SILVA, 2007). Provavelmente o desvio da isopletria em *P. leiocarpa* é devido à reprodução vegetativa ou a amostragem insuficiente, pois essa espécie é muito

abundante na área estudada (AZAMBUJA *et al.* 2007).

Além do dimorfismo no posicionamento do estigma e das anteras, as flores podem apresentar outras diferenças em relação aos morfos florais como: comprimento do tubo e diâmetro da corola, tamanho das anteras, tamanho dos lobos estigmáticos e dos grãos de pólen, diferenças na produção de grãos de pólen, dimorfismo na largura do estigma e na escultura da exina (GANDERS, 1979; BARRETT & RICHARDS 1990; PAILLER & THOMPSON, 1997). Essas características podem ser consideradas auxiliares ou secundárias, pois se diferenciariam depois que a hercogamia recíproca e o sistema de auto e intramorfo incompatibilidade estivessem estáveis (ANDERSON, 1973). As estruturas geralmente são maiores nas flores brevistilas, e provavelmente, estão relacionadas com a necessidade deste morfo atrair mais polinizadores para compensar a menor carga de pólen compatível nos seus estigmas (GANDERS, 1979). Entretanto, estas características não estão presentes em todas as espécies com dimorfismo floral, e seu desenvolvimento e ocorrência não são bem compreendidos (PAILLER & THOMPSON, 1997).

As duas espécies distílicas analisadas apresentaram dimorfismo no diâmetro da corola, sendo maior no morfo longistilo. Diferindo do encontrado para outras espécies de *Psychotria* em que não houve variação entre os morfos florais (VIRILLO *et al.*, 2007; SANTOS *et al.* 2008), ou de espécies que possuem diâmetro da corola maior nas flores brevistilas (CASTRO & ARAUJO, 2004; CASTRO *et al.*, 2004; ROSSI *et al.*, 2005; FONSECA *et al.*, 2008).

O comprimento da corola diferiu entre os morfos para *Psychotria leiocarpa*, com corolas maiores nas flores brevistilas, estando de acordo com o encontrado no Distrito Federal para essa espécie (CONSOLARO, 2008), e diferindo de Pereira (2007) que encontrou flores com corolas maiores no morfo longistilo. *P. carthagenensis* não diferiu entre os morfos, como o encontrado por Consolaro (2008), entretanto Pereira (2007); Koch *et al.* (2010) e Faria (2011) observaram corola maior no morfo brevistilo. Em outras espécies de Rubiaceae há variações nesta categoria, com morfo brevistilo maior em espécies de: *Psychotria* (FAIVRE & MCDADE 2001; CASTRO & ARAUJO, 2004; CASTRO *et al.*, 2004; PEREIRA, 2007; FONSECA *et al.* 2008; CONSOLARO, 2008); *Palicourea* (PEREIRA *et al.*, 2006b; PEREIRA, 2007; CONSOLARO *et al.*, 2009); *Guettarda* (NOVO, 2010); *Gaertnera* (PAILLER & THOMPSON, 1997); *Coussarea* (PEREIRA, 2007); *Rudgea* (PEREIRA *et al.*, 2006b); *Galianthe* (CONSOLARO, 2008); *Bouvardia* (FAIVRE & MCDADE 2001). Em outras espécies não foram encontrado diferença significativas como as pertencentes ao gênero *Psychotria* (TEIXEIRA & MACHADO, 2004; PEREIRA *et al.* 2006b; VIRILLO *et al.*, 2007; COELHO & BARBOSA, 2004; CONSOLARO, 2008); *Palicourea* (PEREIRA *et al.* 2006b;

PEREIRA, 2007; CONSOLARO *et al.*, 2009); *Galianthe* e *Declieuxia* (CONSOLARO, 2008). A corola também pode ser maior nas flores longistilas como o encontrado para espécies de *Coussarea* (PEREIRA, 2007) e *Faramea* (MARUYAMA *et al.*, 2010). Segundo Pailler & Thompson (1997), corolas mais longas em flores brevistilas possibilitam que as anteras se localizem no mesmo nível do estigma de flores longistilas (hercogamia recíproca), ou ainda terem função de atrair mais polinizadores e aumentar a deposição de pólen no morfo brevistilo (GANDERS, 1979).

Lobos estigmáticos maiores no morfo brevistilo parece ser comum em espécies distílicas de Rubiaceae (PEREIRA, 2007), e ocorre nas duas espécies abordadas neste trabalho. O mesmo resultado foi encontrado para *P. leiocarpa* (LIMA, 1986, CONSOLARO, 2008), enquanto Pereira (2007) encontrou lobos estigmáticos maiores nas flores longistilas. Para *P. carthagenensis*, Pereira (2007) e Koch *et al.* (2010) obtiveram resultados semelhantes ao encontrado neste estudo, enquanto Consolaro (2008) não observou diferenças entre os morfos. Os lobos estigmáticos maiores nas flores brevistilas foram observados para outras espécies distílicas de: *Psychotria* (SANTOS *et al.* 2008; ROSSI *et al.* 2005; COELHO & BARBOSA, 2004; PEREIRA *et al.* 2006b; PEREIRA, 2007; CASTRO & ARAUJO, 2004; VIRILLO *et al.*, 2007; CASTRO *et al.*, 2004; FAIVRE & MCDADE 2001); *Palicourea* (PEREIRA *et al.* 2006b; PEREIRA, 2007; CONSOLARO *et al.*, 2009); *Rudgea* (PEREIRA, 2006b); *Coussarea* (PEREIRA, 2007); *Galianthe* (CONSOLARO, 2008). Enquanto, em outras espécies dos seguintes gêneros não houve diferenças significativas *Psychotria* (CONSOLARO, 2008; CASTRO *et al.*, 2004;), *Palicourea* (CONSOLARO *et al.*, 2009) *Galianthe* e *Declieuxia* (CONSOLARO, 2008), *Faramea* (MARUYAMA *et al.*, 2010), *Guettarda* (NOVO, 2010). Segundo Faivre & MacDade (2001), os lobos estigmáticos maiores nas flores brevistilas tornam mais efetivo o recebimento de pólen, aumentando seu sucesso de reprodutivo. Lima (1986) afirma que o maior comprimento dos lobos ajudaria a diminuir a obstrução com pólen da mesma flor nos estigmas brevistilos, enquanto nas flores longistilas, o estigma curto seria mais resistente a danos causados pela exposição.

O comprimento das anteras e o número de grãos de pólen produzidos também podem ser diferentes. Geralmente, as anteras são maiores no morfo brevistilo associado a grãos de pólen com maior diâmetro. Por outro lado, as anteras das flores longistilas seriam menores, com grãos de pólen com diâmetro menor e em maior número (GANDERS, 1979). Nas espécies abordadas, *P. carthagenensis* apresentou dimorfismo no tamanho da antera, maior no morfo brevistilo, como encontrado por Pereira (2007), Faria (2010) e Koch *et al.* (2010), mas não apresentou valores significativamente diferentes para tamanho e número de grãos de

pólen. *Psychotria leiocarpa* não apresentou diferença significativa no comprimento da antera, como observado por Pereira (2007) e Lima (1986), mas apresentou dimorfismo em relação ao tamanho do grão de pólen (maior no brevistilo) e na quantidade de pólen produzido, maior no longistilo, coincidindo com o observado por Lima (1986). Outras espécies de Rubiaceae apresentaram dimorfismo das anteras, como as pertencentes aos gêneros: *Psychotria* (COELHO & BARBOSA 2004; CASTRO & ARAUJO 2004; CASTRO & ARAUJO, 2004; ROSSI *et al.*, 2005; PEREIRA *et al.* 2006b; PEREIRA, 2007), *Palicourea* (PEREIRA *et al.* 2006b; PEREIRA, 2007), *Coussarea* (PEREIRA, 2007), *Faramea* (MARUYAMA *et al.*, 2010) e *Gaertnera* (PAILLER & THOMPSON, 1997). Entretanto, não foram observadas diferenças significativas em espécies dos seguintes gêneros: *Psychotria* (CASTRO & ARAUJO, 2004) *Palicourea* (PEREIRA *et al.* 2006b; PEREIRA, 2007) *Rudgea* (PEREIRA, 2006b), e *Guettarda* (NOVO, 2010). O dimorfismo no tamanho da antera estaria associado com o dimorfismo no tamanho do grão de pólen (GANDERS, 1979; PAILLER & THOMPSON, 1997), o que não foi observado neste trabalho, pois a espécie que apresentou dimorfismo no diâmetro do grão de pólen não teve diferenças no tamanho da antera, enquanto espécie que teve dimorfismo no tamanho da antera não diferiu no diâmetro dos grãos de pólen, levando a crer que outros fatores devem influenciar na diferenciação do tamanho das anteras entre os morfos.

Em relação a quantidade e diâmetro dos grãos de pólen, Rossi *et al.* (2005) e Coelho & Barbosa (2004) em *Psychotria* e Pailler & Thompson (1997) em uma espécie de *Gaertnera*, encontraram grãos de pólen maiores e em menor número nas flores brevistilas. Por outro lado Teixeira & Machado, (2004) encontraram em uma espécie de *Psychotria* grãos de pólen maiores e em maior quantidade no morfo brevistilo. O maior tamanho do grão de pólen nas flores brevistilas estaria relacionado com a reserva de nutrientes para produzir um tubo polínico maior (GANDERS, 1979; BARRETT & RICHARDS 1990). Ou a maior produção nas flores longistilas estaria relacionada com o fluxo assimétrico de pólen, em que flores brevistilas capturam menos pólen que as longistilas. Assim, produzir um maior número de grãos de pólen seria uma forma de compensar essa assimetria (GANDERS, 1979).

A viabilidade polínica alta, acima de 80%, é comum em espécies do gênero *Psychotria*. Resultados semelhantes ao encontrado neste trabalho foram observados em *P. leiocarpa* (LIMA, 1986); *P. carthagenensis* (KOCH *et al.*, 2010), e em outras espécies do gênero (TEIXEIRA & MACHADO, 2004; COELHO & BARBOSA, 2004; SILVA, 2007). Esses estudos também não apresentaram diferentes índices de viabilidade polínica para os morfos florais. Apenas ROSSI *et al.*, (2005) encontrou diferença entre os morfo florais, com maior número de pólenes viáveis no morfo longistilo.

Os dados deste trabalho, juntamente com a bibliografia, demonstram que as espécies distílicas de Rubiaceae apresentam uma grande variação nas características típicas da distília e nas características auxiliares dentro dos gêneros ou até mesmo dentro de populações de uma mesma espécie. Faivre & McDade (2001) afirmam que há variações nas características secundárias ou auxiliares entre populações de uma mesma espécie, e que estes parâmetros não podem ser generalizados, pois essas características são resultado de pressões seletivas diferentes ou que as populações podem não estar sobre forte seleção. Assim, de forma geral, quando as forças seletivas são fortes as espécies que apresentam distília tendem a desenvolver as características auxiliares para promover a polinização cruzada.

As características florais das espécies estudadas, corola em forma de tubo com cores claras e produtoras de néctar, reportam a síndrome de melitofilia (FAEGRI & PIJL, 1979). Contudo, espécies do gênero *Psychotria* possuem visitantes florais de diversos táxons, como insetos e aves (CASTRO & ARAÚJO, 2004; COELHO & BARBOSA, 2004; TEIXEIRA & MACHADO, 2004; CONSOLARO *et al.* (2011); RAMOS & SANTOS, 2006, SAKAI & WRIGHT, 2008). Castro & Oliveira (2002) salientam que espécies de *Psychotria* são polinizadas com maior eficiência por abelhas, mas a visita de outros táxons pode potencializar o fluxo de pólen entre os morfos das espécies heterostílicas.

Consolaro (2011) observou os visitantes florais de *P. carthagenensis* e encontrou como os mais frequentes abelhas e borboletas. O autor considerou a abelha do gênero *Bombus* o polinizador mais efetivo, e os outros visitantes como auxiliares, entre eles, as abelhas da família Halactidae e vespas. Em relação a *P. leiocarpa* Lima (1986), considerou *Apis mellifera* o polinizador efetivo, apesar de outras espécies de abelhas também visitarem as flores. A autora não relatou a presença de borboletas visitando as flores de *P. leiocarpa*. A abelha exótica *A. mellifera* também foi o visitante mais importante de *Psychotria tenuinervis* Muell. Arg. (RAMOS & SANTOS, 2006; VIRILLO *et al.*, 2007) e *P. carthagenensis* (FARIA, 2010), contrariando o observado neste estudo, em que *A. mellifera* não visitou as flores desta espécie. *P. myriantha* compartilhou todos os visitantes florais com as outras espécies de *Psychotria*, segundo Sakai & Wright (2008). Espécies monomórficas de *Psychotria* receberam menos visitas de polinizadores que espécies distílicas do mesmo gênero, concordando com encontrado neste estudo.

Todos os trabalhos comentados acima relatam as flores de espécies do gênero *Psychotria* como de antese diurna com início na manhã e senescência no fim da tarde ou com duração máxima de 24h (PEREIRA *et al.* 2006b; PERREIRA, 2007), compatível com o encontrado em *P. leiocarpa*. O caso de *P. myriantha* e *P. carthagenensis* pode sugerir uma

estratégia de polinização diurna e noturna, ocorrentes em outros gêneros da família (NOVO, 2010; MARUYAMA *et al.*, 2010; WOLFF *et al.*, 2003), a fim de diminuir a competição com *P. leiocarpa* dominante no fragmento estudado (AZAMBUJA *et al.*, 2007). Durante uma hora no período noturno foram observadas as flores em antese de *P. myriantha* e *P. carthagenensis*, em que se verificou a visita de uma mariposa na primeira espécie e nenhum visitante na segunda. Contudo essa hipótese necessita de maiores estudos.

As espécies de *Psychotria* distílicas apresentaram grande relação entre a produção de flores e frutos (ver Capítulo 1). Assim, os visitantes florais, aparentemente, garantiriam o fluxo polínico. Contudo, é impossível concluir sobre a situação do sistema de incompatibilidade nas populações dessas espécies, ressaltando a importância de se realizar estudos posteriores de sistemas reprodutivos.

CONCLUSÃO

Psychotria myriantha apresentou apenas uma forma floral com estames e estigmas no mesmo nível, caracterizando a homostilia. *Psychotria leiocarpa* é morfologicamente distílica, possui hercogamia recíproca e apresenta características secundárias ou auxiliares, no entanto a população amostrada não está em isoplelia. *Psychotria carthagenensis* possui os dois morfos florais, características auxiliares, e a população é anisoplética, não há hercogamia exata. As três espécies possuem alta viabilidade polínica.

As três espécies possuem morfologia floral semelhantes e compartilham seus visitantes florais. Estes pertencem a três ordens de insetos, sendo a maioria dos visitantes da ordem Hymenoptera. *Apis mellifera* é o visitante mais frequente em *P. leiocarpa* e *P. myriantha*, enquanto *P. carthagenensis* apresenta abelhas nativas como os visitantes mais frequentes. As flores *P. myriantha* e *P. carthagenensis* possuem dois períodos de antese permanecem vistosas durante a noite, o que pode indicar uma mudança na estratégia de atração de visitantes florais para diminuir a competição com *P. leiocarpa*, necessitando de maiores investigações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, W. R. A morphological hypothesis for the origin of heterostyly in the Rubiaceae. *Taxon*, n.5/6 p. 537-142, 1973.

ASSISTÊNCIA ESTATÍSTICA. ASSISTAT. Versão 7.6 beta. 2011.

AYRES, M., M. AYRES JR., D.L. AYRES, A.A. SANTOS. **Bioestat** 2.0. USP. São Paulo, SP, Brasil. 2007.

AZAMBUJA, B. O. *et al.* Estrutura do componente arbustivo de uma Floresta Estacional no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 768-770, 2007.

BARRETT S. C. H. & SHORE J. S. New insights on heterostyly: comparative biology, ecology and genetics. In: FRANKLIN-TONG V. E. (ed.). **Self-Incompatibility in Flowering Plants: Evolution, Diversity, and Mechanisms**. Springer-Verlag, Berlin. p. 3–32, 2008.

BARRETT, S. C. H. Understanding plant reproductive diversity. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, n. 365, p. 99-109, 2010.

BARRETT, S. C. H.; RICHARDS, J. H. Heterostyly in tropical plants. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, v. 55, p. 35-61, 1990.

BARRETT, S.C.H. 1992. Heterostylous genetic polymorphisms: model systems for evolutionary analysis. *In*: Barrett, S.C.H. (ed.). **Evolution and function of heterostyly**. Springer-Verlag, Berlin. p. 1-29. 1992.

BARRETT, S.C.H.; JESSON, L.K.; BAKER, A.M. The evolution of stylar polymorphisms in plants. **Annals of Botany**, n. 85, p. 253–265, 2000.

CASTRO C. C., OLIVEIRA P. E. & ALVES M. C. Breeding system and floral morphometry of distylous *Psychotria* L. species in the Atlantic Rain Forest, SE Brazil. **Plant Biology**, n.6, p. 755–760, 2004.

CASTRO, C. C.; ARAUJO, A. C. Distyly and sequential pollinators of *Psychotria nuda* (Rubiaceae) in the Atlantic rain forest, Brazil. **Plant Systematics and Evolution**, v. 244, p. 131-139, 2004.

CASTRO, C. C.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Pollination biology of distylous Rubiaceae in the Atlantic rain forest, SE Brazil. **Plant Biology**, v. 4, p. 640-646, 2002.

COELHO, P.; C.; BARBOSA, A. A. A. Biologia reprodutiva de *Psychotria poeppigiana* Mull. Arg. (Rubiaceae) em mata de galeria. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n 3, p. 481-489, 2004.

CONSOLARO, H. N. **A distília em espécies de Rubiaceae do bioma Cerrado**. 2008, 96 f. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

CONSOLARO, H.; SILVA, S. C. S.; OLIVEIRA, P. E. Breakdown of distyly and pin-monomorphism in *Psychotria carthagenensis* Jacq. (Rubiaceae). **Plant Species Biology**, v. 26, p. 24–32, 2011.

CONSOLARO, H.; TOLEDO, R. D. P.; FERREGUTI, R. L.; HAY, J & OLIVEIRA, P. E. Distília e homostília em espécies de *Palicourea* Aubl. (Rubiaceae) do Cerrado do Brasil Central. **Revista Brasileira de Botânica**, v.32, n.4, p.677-689, 2009.

DELPRETE, P. G. ; SMITH, L. B. ; KLEIN, R. B. **Rubiáceas**, Volume II - Gêneros de H-Z: 20. Gardenia até 46. Tocoyena - Flora Ilustrada Catarinense. 1. ed. Itajaí. Impresso. 2005.

DILLENBURG, V. R.; PORTO, M. L. Rubiaceae, Tribo Psychotrieae. In: A.R.H. Schultz & L.R.M. Baptista (eds), Flora ilustrada do Rio Grande do Sul. **Boletim do Instituto de Biociências**, v. 39 n.16 p.1-76,1985.

FAEGRI, K & VAN DER PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. Pergamon. Oxford, 1979.

FAIVRE, A.E.; McDADE, L.A. Population-level variation in the expression of heterostyly in three species of Rubiaceae: does reciprocal placement of anthers and stigmas characterize heterostyly? **American Journal of Botany**, v. 88, p. 841-853, 2001.

FARIA, R. R. **Fenologia de floração, sistema reprodutivo e efetividade de polinização da espécie distílica *Psychotria carthagenensis* Jacq. (Rubiaceae) em áreas de cerrado, Campo Grande – MS**. 2010, 88f. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação)-Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. 2010.

FONSECA, L. C. N.; ALMEIDA, E. M.; ALVES, M. A. S. Fenologia, morfologia floral e visitantes de *Psychotria brachypoda* (Müll. Arg.) Britton (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica, Sudeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.22, n. 1, p.63-69, 2008.

GANDERS F. R. The biology of heterostyly. **New Zealand Journal of Botany**, n. 17, p 07–635, 1979.

GIEHL, E. L. H *et al.* Espectro e distribuição vertical das estratégias de dispersão de diásporos do componente arbóreo em uma floresta estacional no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n.1, p. 137-145, 2007.

GUERRA, M. **Como observar cromossomos**. Um guia de técnicas em citogenética vegetal, animal e humana. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2002.

KOCH, A. K.; SILVA, P. C.; SILVA, C. A. Biologia reprodutiva de *Psychotria carthagenensis* (Rubiaceae), espécie distílica de fragmento florestal de mata ciliar, Centro-Oeste do Brasil. **Rodriguésia**, v.61, n.3, p. 551-558, 2010.

LIMA, H.A. **Contribuição ao estudo da biologia floral, da fenologia e do sistema de reprodução de *Psychotria leiocarpa* Cham. et Schl. (Rubiaceae)**. 1986. 82f. Dissertação (Mestrado Ciências Biológicas - Botânica)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1986.

MARUYAMA, P. K, AMORIM, FW , OLIVEIRA, PE. Night and day service: Distyly and mixed pollination system in *Faramea cyanea* (Rubiaceae). **Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, n.205, v.12, p. 818–824, 2010.

NOVO, R. R. **Biologia reprodutiva de *Guettarda platypoda* DC. (Rubiaceae) em uma área de restinga no Estado de Pernambuco**. 2010. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2010.

PAILLER T.; THOMPSON J. D. Distyly and variation in heteromorphic incompatibility in *Gaertnera vaginata* (Rubiaceae) endemic to La Reunion Island. **American Journal of Botany**, n. 84, p. 315-327, 1997.

PEREIRA, Z. V. **Rubiaceae Juss. do Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinhema, Mato Grosso do Sul : florística, sistema reprodutivo, distribuição espacial e relações alométricas de espécies distílicas**. 2007. Tese (Doutorado Biologia Vegetal)-Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007.

PEREIRA, Z. V.; CARVALHO-OKANO, R. M.; GARCIA F. C. P. Rubiaceae Juss. da Reserva Florestal Mata do Paraíso, Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n.1, p. 207-224. 2006a.

PEREIRA, Z. V.; VIEIRA, M. F.; CARVALHO-OKANO, R. M. Fenologia reprodutiva, morfologia floral e sistema de incompatibilidade em espécies distílicas de Rubiaceae em fragmento florestal do Sudeste brasileiro. **Revista brasileira de Botânica**, v. 29, n. 3, p. 471-480, 2006b.

RAMOS, F.N.; SANTOS, F.A.M. Floral visitors and pollination of *Psychotria tenuinervis* (Rubiaceae): distance from the anthropogenic and natural edges of an Atlantic forest fragment. **Biotropica**, v. 38, p.383-389. 2006.

ROSSI, A.A.B.; OLIVEIRA, L.O.; VIEIRA M.F. Distily and variation in floral traits in natural populations of *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes (Rubiaceae). **Revista Brasileira de Botânica** v.28, p. 285-294, 2005.

SAKAI S. & WRIGHT S. J. Reproductive ecology of 21 coexisting *Psychotria* species (Rubiaceae): when is heterostyly lost? **Biological Journal of the Linnean Society**, n. 93, p. 125–134, 2008.

SANTOS, O. A., WEBBER, A. C. & COSTA, F. R. C. Biologia reprodutiva de *Psychotria spectabilis* Steyrm. e *Palicourea* cf. *virens* (Poepp & Endl.) Standl. (Rubiaceae) em uma floresta tropical úmida na região de Manaus, AM, Brasil. **Acta Botânica Brasileira** v. 22, n1, p. 275-285, 2008.

SILVA, C.A. **Biologia reprodutiva de três espécies distílicas de *Psychotria* L. e efeitos da fragmentação florestal no sucesso reprodutivo e na diversidade genética de *P. hastisepala* Müll. Arg. (Rubiaceae).** 2007. 63f. Tese (Doutorado em Botânica). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da fora brasileira, baseado em APG II.** Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2008.

STRECK, E.V. *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p.126, 2002.

TAYLOR, C. *Psychotria* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB014153>>. Acessado em março de 2012.

TEIXEIRA, L. A. G.; MACHADO, I. C. Biologia da polinização e sistema reprodutivo de *Psychotria barbiflora* DC. (Rubiaceae). **Acta Botanica Brasileira**, v.18 n.4 p. 853-862, 2004.

VELOSO, R. B.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.** IBGE, Rio de Janeiro, 1991.

VIRILLO, C. B. *et al.* Floral biology and breeding system of *Psychotria tenuinervis* Muell. Arg. (Rubiaceae) in the Atlantic rain forest, SE Brazil. **Acta Botanica Brasileira**, v. 21 n. 4, p. 879-884, 2007.

WEBB, C. J.; LLOYD, D. G. The avoidance of interference between the presentation of

pollen and stigmas in angiosperms II. Herkogamy. **New Zealand Journal of Botany**, n. 24, v.1, p. 163-178, 1986.

WOLFF, D.; BRAUN, M. & LIEDE, S. Nocturnal Versus Diurnal Pollination Success in *Iserfia laevis* (Rubiaceae): A Sphingophilous Plant Visited by Hummingbirds. **Plant Biology**, v. 5 p.71-78, 2003.

WOLFF, D.; LIEDE-SCHUMANN, S. Evolution of flower morphology, pollen dimorphism, and nectar composition in *Arcytophyllum*, a distylous genus of Rubiaceae. **Organisms, Diversity & Evolution**, n. 7, p. 106–123, 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As três espécies de *Psychoria* abordadas possuem sincronia intraespecífica para todas as fenofases. A queda foliar foi mais expressiva em *P. leiocarpa*, nos meses de outono e inverno. Nas outras espécies se restringiu a poucas folhas. O brotamento foi sincrônico e ocorreu na primavera, seguido da emissão de botões.

A floração foi considerada do tipo anual intermediária para as três espécies, nos meses de primavera e verão. Entretanto a observação de flores em *P. leiocarpa* e *P. myriantha* em outras épocas do ano foram consideradas como resultado da ação de herbívoros ou de estresse hídrico. Porém, é imprescindível que seja realizado acompanhamento de um maior número de ciclos reprodutivos para afirmar o padrão de floração.

Houve maior sincronia entre *P. leiocarpa* e *P. carthagenensis*, *P. myriantha* possui um pequeno atraso no pico de floração em relação às outras espécies, sugerindo a mudança de um padrão de floração sincrônico para um sequencial, provavelmente motivada pelo compartilhamento de polinizadores. A floração das três espécies ocorre no mesmo período das espécies arbóreas, levando a crer em uma regulação climática para o evento de floração da comunidade.

A frutificação é sincrônica, e a maturação dos frutos é gradual e de longa duração, durante o outono e inverno. A época de maturação dos frutos e a longa duração da fenofase ressalta a importância das espécies estudadas na oferta de alimento para frugívoros, uma vez que, a maior parte das espécies arbóreas com dispersão zoocórica frutifica durante o verão e o início do outono. Assim, as espécies de *Psychotria* estudadas auxiliariam a manutenção de pássaros residentes, ressaltando seu papel chave na comunidade e justificando a importância de estudar essas espécies mais profundamente.

A precipitação não se correlacionou com nenhuma das fenofases. As maiores correlações foram obtidas para frutos imaturos com a temperatura e frutos maduros com a temperatura e comprimento do dia. A não ocorrência de correlações entre a emissão de botões e antese com a temperatura e o comprimento do dia pode estar relacionada com atenuação desses fatores pelo dossel, ou a pela longa duração das fenofases nas espécies estudadas.

Em relação a biologia floral e morfometria, *Psychotria myriantha* apresentou apenas uma forma floral com estames e estigmas no mesmo nível, caracterizando a homostilia, que parece ser comum nas populações da região Sul. Essa uniformidade das populações no Sul do Brasil deve estar relacionada com a quebra da distilia no processo de migração da espécie

para o Sul. Essa é uma questão totalmente em aberto, estudos de fitogeografia, filogenética, e sistemas reprodutivos fazem-se necessários para comprovar essa hipótese.

Psychotria leiocarpa é morfologicamente distílica, possui hercogamia recíproca e apresenta características secundárias ou assessórias da distila, no entanto a população amostrada não está em isopleτία. *Psychotria carthagenensis* possui os dois morfos florais apresenta algumas características auxiliares, no entanto não há hercogamia recíproca exata e nem isopleτία.

As três espécies possuem morfologia floral semelhante e compartilham seus visitantes florais, estes pertencem a três ordens de insetos, sendo a maioria dos visitantes da ordem Hymenoptera. *Apis mellifera* é o visitante mais frequente em *P. leiocarpa* e *P. myriantha*, *P. carthagenensis* apresenta abelhas nativas como os visitantes mais frequentes. As flores *P. myriantha* e *P. carthagenensis* possuem dois períodos de antese permanecem vistosas durante a noite, o que pode indicar uma mudança na estratégia de atração de visitantes florais para diminuir a competição com *P. leiocarpa*. Entretanto essas possibilidades devem ser melhor avaliadas.

As espécies de *Psychotria* estudadas apresentaram grande relação entre a produção de flores e frutos. Logo os visitantes florais, aparentemente, garantiriam o fluxo polínico nas espécies distílicas. Contudo, é impossível concluir sobre a situação do sistema de incompatibilidade nas populações dessas espécies, ou mesmo a presença de autocompatibilidade em *P. myriantha*. Assim, novos estudos devem ser realizados com o intuito de esclarecer o status do sistema de incompatibilidade nessas populações e em outras populações destas espécies.

Como pioneiro nesta abordagem na região Sul, a maior contribuição deste estudo para o meio científico são as dúvidas que ele deixa. Talvez seu principal resultado seja o fomento de novos trabalhos com fenologia e de biologia floral abordando espécies de *Psychotria*. Devido à grande diversidade e ampla distribuição esse gênero possibilita várias abordagens e infinitas possibilidades de estudo que podem e devem ser exploradas.